

05.01.2005

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年12月 2日
Date of Application:

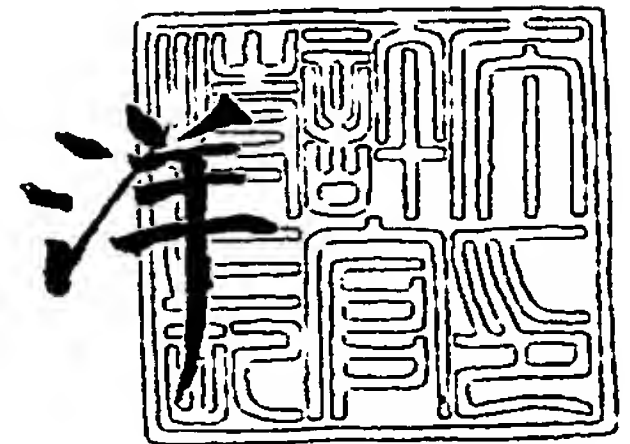
出願番号 特願2003-402892
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-402892]

出願人 独立行政法人産業技術総合研究所
Applicant(s):

2004年11月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3108216

【書類名】	特許願
【整理番号】	333-03661
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	G06F 3/00
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所 つくばセンター内
【氏名】	中村 則雄
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所 つくばセンター内
【氏名】	福井 幸男
【特許出願人】	
【識別番号】	301021533
【氏名又は名称】	独立行政法人産業技術総合研究所
【代表者】	吉川 弘之
【電話番号】	029-861-3280
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、
前記 2 つの偏心回転子における回転方向および位相関係と回転速度とを制御することにより、振動および／または振動感覚の振動周波数と振動強度を独立して変化させる制御手段と、
を具備したことを特徴とする触力覚情報提示装置。

【請求項 2】

同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、
前記 2 つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させる制御手段と、
を具備したことを特徴とする触力覚情報提示装置。

【請求項 3】

単一の偏心回転子、および／または 2 つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または 3 次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2 次元平面的または 3 次的に複数個配置したシート状偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段と、
前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を制御する制御手段と、
を具備したことを特徴とする触力覚情報提示装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の触力覚情報提示装置において、
前記シート状偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、
前記制御手段の制御態様に応じて、空間的および時間的に変化する振動および／または振動感覚、トルクおよび／またはトルク感覚、力および／または力感覚を提示することを特徴とする触力覚情報提示装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の触力覚情報提示装置において、
前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、振動、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、球状抗力および立方体状 3 次的抗力の提示に起因した立方体 3 次元物体の形状感覚、弾力感覚、触覚感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力、振動、トルクが通過していく力感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示させることを特徴とする触力覚情報提示装置。

【請求項 6】

合成角運動量ベクトルの時間変化を制御するための触力覚制御手段を備えた触力覚情報提示装置であって、
前記触力覚制御手段は、前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御することを特徴とする触力覚情報提示装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の触力覚情報提示装置において、
携帯型の通信機器もしくは可搬型の電子機器に搭載可能な形状の触力覚提示手段を備えたことを特徴とする触力覚情報提示装置。

【請求項 8】

同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、
前記 2 つの偏心回転子における回転方向および位相関係を制御することにより、振動周波数と振動強度を独立して変化させる前記 2 つの偏心回転子における回転方向と位相関係と回転速度とを制御することにより、振動および／または振動感覚の周波数と強度を独立して変化させることを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 9】

同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、

前記 2 つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させることを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 10】

単一の偏心回転子、および／または同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または 3 次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2 次元平面的または 3 次的に複数個配置したシート状偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段を制御するに際して、

前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を個別に制御することを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の触力覚情報提示方法において、

前記偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、空間的および時間的に変化する振動および／または振動感覚、トルクおよび／またはトルク感覚、力および／または力感覚を提示する前記シート状偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、空間的および時間的に変化する振動感覚、および／またはトルク感覚、および／または力感覚を提示することを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の触力覚情報提示方法において、

前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、振動、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、3 次的抗力の提示に起因した 3 次元物体の形状感覚、弾力感覚、触覚感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力、振動、トルクが通過していく感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示させる前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、球状抗力および立方体状抗力の提示に起因した立方体の形状感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力が通過していく力感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示させることを特徴とする触力覚情報提示方法。

【請求項 13】

合成角運動量ベクトルの時間変化を制御するための触力覚制御手段を用いた触力覚情報提示方法として、

前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御することを特徴とする触力覚情報提示方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 触力覚情報提示装置および触力覚情報提示方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、感覚特性を利用した触力覚情報提示装置および触力覚情報提示方法に関するものである。

【0002】

さらに詳述すると本発明は、VR (Virtual Reality) の分野において用いられる機器、ゲームの分野において用いられる機器、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器、PDA (携帯情報端末) などに搭載されるマンマシンインターフェイスを提供するための触力覚情報提示装置および触力覚情報提示方法に関するものである。

【背景技術】

【0003】

従来のVRにおける力覚提示機としては、張力もしくは反力の力覚提示において、人間の感覚器官に接した力覚提示部と力覚提示システム本体とがワイヤーあるいはアームでつながっており、これらワイヤー・アームなどの存在が人間の動きを拘束するという不都合がみられた。また、力覚提示システム本体と力覚提示部がワイヤーやアームでつながる有効空間でしか使用できないことに起因して、使用できる空間的広がりには制限があった。

【0004】

これに対して、非接地型で身体内にベースがないマンマシンインターフェイスが提案された。しかし、この種の提示機ではモータの回転数を制御することにより角運動量ベクトルの時間的な変化でトルクを提示しており、同一方向にトルク、および力などの触力覚情報を連続的に提示することは困難であった。

【0005】

非接地型の力覚情報提示機としては、ジャイロモーメントとジンバル構造を用いたトルク提示装置が開発されている (非特許文献1)。しかし、ジンバル構造では提示できるトルク方向が制限されており、また、構造が複雑になり制御が煩雑となるという問題点も有している。

【0006】

一方、3軸直交座標に配置された3つのジャイロモータの回転を独立に制御することで任意の方向、ないし任意の大きさとトルクを提示することができる非接地可搬型の力覚情報提示機 (非特許文献2) が提案されている。この力覚情報提示機では、3つのジャイロモータによって発生された角運動量合成ベクトルを制御することでトルクを発生させているので、構造が比較的簡単であり、制御も容易である。しかし、触力覚情報を連続的に提示可能にすること、および、トルク以外の力感覚を提示可能にすること、が解決すべき点となっている。

【0007】

【非特許文献1】 吉江将之, 矢野博明, 岩田洋夫 「ジャイロモーメントを用いた非接地型力覚提示装置の開発」、ヒューマンインタフェース学会研究報告集、vol.3, No.5, pp. 25-30 (2000)

【非特許文献2】 田中洋吉, 酒井勝隆, 河野優香, 福井幸男, 山下樹里, 中村則雄 “Mobile Torque Display and Haptic Characteristics of Human Palm”, INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL REALITY AND TELEXISTENCE, pp.115-120 (2001/12)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述の点に鑑み、本発明の第1の目的は、人に仮想物体の存在や衝突の衝撃力を与える従来の非接地型で身体内にベースがないマンマシンインターフェイスにおいて、人間の感覚特性を利用した触力覚情報提示機構を実現することで、触力覚提示機の物理的特性だけでは提示し得ない、同一方向に振動・トルク・力などの触力覚情報を連続的に提示できる

触力覚情報提示装置および触力覚情報提示方法を提供することにある。

【0009】

また、上記マンマシンインターフェイスで連続的に物理量を提示し続ける時、提示機の性能が十分に大きければ、連続して同一方向にトルク、ないし力などの物理量を提示し続けることができる。しかし、現実的には提示機の性能は無限大ではなく、提示機の性能が十分でない場合は、例えば、連続的にトルクを提示し続ける時、提示の1サイクルの中で回転子の回転数を初期状態に戻す必要が出てくる。つまり、回転子の角運動量ベクトルの積分値をゼロにすることが求められる。この場合、正反対のトルクまたは力を提示することになり、正方向と負方向の感覚が互いに打ち消し合うという問題が生じる。

【0010】

よって、本発明の第2の目的は、人間の感覚特性を利用して、触力覚提示機の動作において、たとえ物理的に1サイクルで初期状態に戻り、物理的な積分値がゼロになったとしても、感覚量の感覚的積分値がゼロにはならず、任意の方向に自在に感覚を提示し続けることのできる触力覚情報提示装置および触力覚情報提示方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の目的を達成するために、本発明に係る第1の形態は、2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、前記2つの偏心回転子における回転方向と位相関係と回転速度とを制御することにより、振動および／または振動感覚の周波数と強度を独立して変化させる制御手段と、を具備した触力覚情報提示装置である。

【0012】

本発明に係る第2の形態は、2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、前記2つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させる制御手段と、を具備した触力覚情報提示装置である。

【0013】

本発明に係る第3の形態は、単一の偏心回転子、および／または2つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または3次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2次元または3次元に複数個配置した偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段と、前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を制御する制御手段と、を具備した触力覚情報提示装置である。

【0014】

本発明に係る第4の形態は、上記第3の形態に記載の触力覚情報提示装置において、前記偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、前記制御手段の制御態様に応じて、空間的および時間的に変化する振動および／または振動感覚、トルクおよび／またはトルク感覚、力および／または力感覚を提示する。

【0015】

本発明に係る第5の形態は、上記第4の形態に記載の触力覚情報提示装置において、前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、振動、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、3次元抗力の提示に起因した3次元物体の形状感覚、弾力感覚、触覚感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力、振動、トルクが通過していく感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示する。

【0016】

本発明に係る第6の形態は、合成角運動量ベクトルの時間変化を制御するための触力覚制御手段を備えた触力覚情報提示装置であって、前記触力覚制御手段は、前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御する触力覚情報提示装置である。

【0017】

本発明に係る第7の形態は、上記第1の形態ないし上記第6の形態のいずれかに記載の

触力覚情報提示装置において、携帯型の通信機器もしくは可搬型の電子機器に搭載可能な形状の触力覚提示手段を備える。

【0018】

本発明に係る第8の形態は、2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記2つの偏心回転子における回転方向と位相関係と回転速度とを制御することにより、振動および／または振動感覚の周波数と強度を独立して変化させる触力覚情報提示方法である。

【0019】

本発明に係る第9の形態は、2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記2つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させる触力覚情報提示方法である。

【0020】

本発明に係る第10の形態は、単一の偏心回転子、および／または同一の回転軸上に配設された2つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または3次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2次元または3次元に複数個配置した偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を個別に制御する触力覚情報提示方法である。

【0021】

本発明に係る第11の形態は、上記第10の形態に記載の触力覚情報提示方法において、前記偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、空間的および時間的に変化する振動および／または振動感覚、トルクおよび／またはトルク感覚、力および／または力感覚を提示する。

【0022】

本発明に係る第12の形態は、上記第11の形態に記載の触力覚情報提示方法において、前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、振動、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、3次元抗力の提示に起因した3次元物体の形状感覚、弾力感覚、触覚感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力、振動、トルクが通過していく感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示する。

【0023】

本発明に係る第13の形態は、合成角運動量ベクトルの時間変化を制御するための触力覚制御手段を用いた触力覚情報提示方法として、前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御する触力覚情報提示方法である。

同一の回転軸上に配設された2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、前記2つの偏心回転子における回転方向および位相関係を制御することにより、振動周波数と振動強度を独立して変化させる制御手段と、を具備した触力覚情報提示装置である。

本発明に係る第2の形態は、同一の回転軸上に配設された2つの偏心回転子を有する触力覚提示手段と、前記2つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させる制御手段と、を具備した触力覚情報提示装置である。

本発明に係る第3の形態は、単一の偏心回転子、および／または同一の回転軸上に配設された2つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または3次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2次元平面的に複数個配置したシート状偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段と、前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を制御する制御手段と、を具備した触力覚情報提示装置である。

本発明に係る第4の形態は、上記第3の形態に記載の触力覚情報提示装置において、前記シート状偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、前記制御手段の制御態様に応じて、空間的および時間的に変化する振動感覚、および／またはトルク

感覚、および／または力感覚を提示する。

本発明に係る第 5 の形態は、上記第 4 の形態に記載の触力覚情報提示装置において、前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、球状抗力および立方体状抗力の提示に起因した立方体の形状感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力が通過していく力感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示する。

本発明に係る第 6 の形態は、合成角運動量ベクトルの時間変化を制御するための触力覚制御手段を備えた触力覚情報提示装置であって、前記触力覚制御手段は、前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御する触力覚情報提示装置である。

本発明に係る第 7 の形態は、上記第 1 の形態ないし上記第 6 の形態のいずれかに記載の触力覚情報提示装置において、携帯型の通信機器もしくは可搬型の電子機器に搭載可能な形状の触力覚提示手段を備える。

本発明に係る第 8 の形態は、同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記 2 つの偏心回転子における回転方向および位相関係を制御することにより、振動周波数と振動強度を独立して変化させる触力覚情報提示方法である。

本発明に係る第 9 の形態は、同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子を有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記 2 つの偏心回転子における回転方向を反転させることにより、力および／または力感覚の周波数と強度を独立して変化させる触力覚情報提示方法である。

本発明に係る第 1 0 の形態は、単一の偏心回転子、および／または同一の回転軸上に配設された 2 つの偏心回転子からなるツイン偏心回転子、および／または 3 次元空間上に配置されたツイン偏心回転子を、2 次元平面的に複数個配置したシート状偏心回転子アレイを有する触力覚提示手段を制御するに際して、前記触力覚提示手段に含まれている各偏心回転子の回転状態を個別に制御する触力覚情報提示方法である。

本発明に係る第 1 1 の形態は、上記第 1 0 の形態に記載の触力覚情報提示方法において、前記シート状偏心回転子アレイを加工してスキン状偏心回転子アレイを形成し、空間的および時間的に変化する振動感覚、および／またはトルク感覚、および／または力感覚を提示する。

本発明に係る第 1 2 の形態は、上記第 1 1 の形態に記載の触力覚情報提示方法において、前記スキン状偏心回転子アレイの制御態様を設定することにより、力、せん断力、トルク、掌もしくは指もしくは他の提示対象物の全体をひねる合成トルク、球状抗力および立方体状抗力の提示に起因した立方体の形状感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を力が伝わって行く感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物上を物が転がっていく感覚、掌もしくは指もしくは他の提示対象物中を力が通過していく力感覚、仮想物体表面のテクスチャー、のいずれかを提示する。

本発明に係る第 1 3 の形態は、合成角運動量ベクトルの時間変化を制御するための触力覚制御手段を用いた触力覚情報提示方法として、前記合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることにより既定値のトルクを発生させると共に、プリセッショントルクを所定値以下に制御する触力覚情報提示方法である。

【発明の効果】

【0 0 2 4】

本発明に係る触力覚情報提示装置および触力覚情報提示方法を実施することにより、以下に列挙する格別な効果を得ることができる。

【0 0 2 5】

(1) 非接地型で身体内にベースがないマンマシンインターフェイスでは従来困難だった、トルクおよび力などの触力覚情報を同一方向に連続的または断続的

に提示することが可能になる。

【0026】

(2) 人間の感覚特性および錯覚を利用することにより、物理的には存在し得ないトルクあるいは力などの触力覚的感覚物理特性を人に提示することが可能になる。

【0027】

(3) 人間の感覚特性を利用することにより触力覚情報を省エネルギーで効率良く提示することが可能となり、小型化した触力覚提示システムを実現することができる。

【0028】

(4) 振動感覚、トルク感覚、力感覚を提示するために、従来はそれぞれに対応した装置が必要であったが、本発明によれば、偏心回転子という1つの機構で振動感覚、トルク感覚、力感覚のいずれか1つ以上を同時に提示することが可能となり、多様な触力覚情報を提示することができ、且つ、その提示システムを小型化することができる。

【0029】

(5) 本発明を実施することにより、VR (Virtual Reality) の分野において用いられる機器、ゲームの分野において用いられる機器、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器、PDA (携帯情報端末) などに搭載され得る、有用なマンマシンインターフェイス・ロボットとマシンとの間のインターフェイス・動物とマシンとの間のインターフェイス等を実現することができる。例えばVRの分野においては、上記マンマシンインターフェイスを介して人に力を提示したり、抗力あるいは反力などを与えて人の動きを制限することにより、仮想空間における物体の存在や衝突による衝撃を提示することができる。また、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器、PDAなどに上記インターフェイスを搭載することにより、操作者の皮膚を介して、従来には見られなかった各種多様な指示・案内等を実現することができる。

【0030】

(6) 従来から知られている携帯電話のマナーモードなどで用いられている偏心回転子は、回転数を増加させることで振動強度を増加させており、振動周波数と振動強度を独立に制御することはできなかったが、本発明を適用した偏心回転子では、回転速度を変化させることなしに、偏心振動の振動強度を変化させることができる。これによって、振動周波数と振動強度を独立に制御することが可能になる。

【0031】

(7) 本発明を適用したシート状偏心回転子アレイによれば、それぞれの偏心回転子の回転を適切に制御することで掌上に空間・時間的に様々なパターンの、振動感覚、トルク感覚、力感覚を提示することができる。また、シート状偏心回転子アレイは、手袋もしくは衣類もしくはその他ウェアラブルな形態を有するものに応用することができる。

【0032】

(8) 本発明を適用したシート状偏心回転子アレイによれば、掌などの動きに合わせて力感覚の空間部分を適切に変化させることにより、仮想的な物体の存在、形状、弾性、テクスチャーなどの物体に関する様々な触力覚情報を提示することができる。

【0033】

(9) 慣性座標系において、合成角運動量ベクトルの時間変化を制御する場合、その制御の容易さは大きな利点となる。すなわち、合成角運動量ベクトルをゼロの近傍で急激に変化させることによって、大きなトルクを発生させながらも、プリセッション・トルクを小さく抑え込むことが可能になる。また、ユーザの動きに伴ってトルク提示機が揺れて困る場合には、適度な大きさの合成角運動量ベクトルの近傍で合成角運動量ベクトルを時間変化させることにより、トルク提示機の揺れを抑えながら所定のトルクを提示することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

以下、本発明による実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の一実施形態におけるの触力覚情報提示装置の概略構成を示す図である

【0035】

触力覚提示機 112 は、制御装置 111 を用いて、触力覚提示機 112 中の 1 個以上からなる回転子の回転速度が制御され、その物理特性である振動、力、トルクが制御されることによって、ユーザ 110 にその振動、力、トルクなどの様々な触力覚情報を知覚させる。

【0036】

図 2 および図 3 は、力覚に関する感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【0037】

感覚特性 211 は主に刺激である物理量 212 に対してその感覚量 213 は対数などの非線形特性である場合が多い。図 2-1 は感覚特性 211 が対数関数的な特性の場合を模式化したものである。この感覚特性 211 上の、動作点 A 214 で正のトルクを発生し、動作点 B 215 で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、トルク感覚 224 は図 2-2 のように表わされる。トルク 223 は回転子の回転数 222 の時間微分に比例する。動作点 A 214、および動作点 B 215 で動作させると、トルク感覚 224 が知覚される。トルク 223 は、物理的に 1 サイクルで初期状態 228 に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚 224 の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作点 A 214 および動作点 B 215 を適切に選択して、動作点 A 継続時間 225 および動作点 B 継続時間 226 を適切に設定することで、任意の方向に自在にトルク感覚を提示し続けることができる。

【0038】

以上のことは、感覚特性 211 が指数関数的な場合などの非線形特性を示す時にも成立する。

【0039】

図 3 に示した（図 3-1）は、感覚特性 231 が閾値を持つ場合を模式化したものである。この感覚特性 231 上の、動作点 A 234 で正のトルクを発生し、動作点 B 235 で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、トルク感覚 244 は（図 3-2）のように表わされる。

【0040】

上記の（図 2-1）および（図 2-2）で示された感覚特性が非線形であった場合と同じように、トルク 243 は、物理的に 1 サイクルで初期状態 248 に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚 244 は、動作点 B 継続時間 246 の区間で感覚閾値以下なのでゼロとなる。その結果、片方の方向のみにトルク感覚を間欠的に提示し続けることができる。

【0041】

図 4 中の（図 4-1）～（図 4-3）は、力覚に関するヒステリシスの感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【0042】

感覚特性は、筋肉を伸ばす時と縮める時など、変位 312 が増加する時と減少する時において等方的でなく、ヒステリシスの感覚特性 311 を示す場合が多い。（図 4-1）のヒステリシスの感覚特性 311 は感覚特性のヒステリシス的な特性を模式化したものである。このヒステリシスの感覚特性 311 上の、動作経路 A 314 で正のトルクを発生し、動作経路 B 315 で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、これらの挙動は（図 4-2）のように表わされ、トルク感覚 334 は（図 4-3）のように表わされる。トルク 333 は回転子の回転数 332 の時間微分に比例する。動作経路 A 314、および動作経路 B 315 で動作させると、トルク感覚 334 が知覚される。トルク 333 は、物理的に 1 サイクルで初期状態 338 に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚 334 の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作経路 A 314 および動作経路 B 315 を適切に選択して、動作点 A 継続時間 225 および動作点 B 継続時

間 2 2 6 を適切に設定することで、任意の方向に強いトルク感覚を断続的に連続して提示し続けることができる。

【0043】

図 5 および図 6 は、感覚特性を変化させる方法の一例として、力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【0044】

感覚特性は、マスキング振動によってマスキングされトルク感覚 4 6 4 が減少する。このマスキング方法として、同時マスキング 4 2 4、前方マスキング 4 2 5、後方マスキング 4 2 6 があげられる。図 5 の（図 5-1）はマスキーであるトルク 4 1 3 を模式化したものであり、この時知覚されるトルク感覚 4 3 4 は（図 5-3）のように表わされる。トルク 4 1 3 は回転子の回転数 4 1 2 の時間微分に比例する。

【0045】

この時、回転子の回転数 4 1 2 を初期化する初期化時間 4 1 5 と、それに対応したマスキング継続時間 4 2 5 を、図 6 に示した（図 6-1）の初期化時間 4 4 5 とマスキング継続時間 4 4 5 のように短縮していき、ある一定時間よりも短くなると初期化による負のトルクが物理的に存在するにも関わらず、トルク感覚 4 6 4 のようにトルクが連続して提示されているように感じられる臨界融合が生じる。

【0046】

なお、マスカの振動方向は、マスキーの回転子の回転方向と同一であっても、あるいは同一でなくてもよい。

【0047】

以上のことは、マスキーとマスカが同一の刺激の場合にも起こり得る。図 7 は、この場合を模式化した図である。本図に示すように、強トルク感覚 4 8 5、4 8 6 の前後において、前方マスキング 4 8 5、後方マスキング 4 8 6 によりトルク感覚 4 8 4 が減少する。

【0048】

図 8 は、力覚に関する感覚特性の変化に合わせて触力覚情報提示を制御する方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【0049】

感覚特性は、筋肉の緊張状態、あるいは、身体的・生理的・心理的状态のいずれか 1 つ以上の状態によりトルク感覚 5 1 7 の感度が変わる。例えば、筋肉が外力である提示トルク 5 1 4（短い時間で強いトルク 5 2 4）で瞬時に伸ばされることで、筋肉の中の筋紡錘というセンサーがこれを感知し、この外力に負けないパワーを持つ筋肉起因トルク 5 1 5（筋肉反射起因トルク 5 2 5）で条件反射的に筋肉が素早く収縮する。これに同期して提示トルク 5 1 6（穏やかに中程度のトルク 5 2 6）を働かせることでトルク感覚 5 1 7 の感度を変化させる。

【0050】

以上のことは、筋肉の緊張状態だけに限らず、呼吸・姿勢・神経発火の状態のいずれか 1 つ以上の状態による感覚感度の変化の場合にも成立する。

【0051】

図 9 は、力覚に関する掌の方向に対する提示物理量と感覚量との関係によって提示物理量を補正する方法を用いた触力覚情報提示方法を示す。掌は、その骨格・関節・腱・筋肉などの解剖学的な構造から、掌の方向によって感度が異なる。掌の方向に依存した感度（不等方性感度曲線 6 1 1）に合わせて提示物理量の強度（回転速度 ω 6 1 2）を補正することによって、精度良い方向提示が可能となる。

【0052】

図 10 は、力覚に関する感覚特性を用い、偏心回転子 7 1 1 の回転を位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【0053】

図10中の(図10-3)は、感覚特性731が対数関数的な特性の場合を模式化したものであり、感覚特性731は感覚特性211と同様に刺激である物理量732に対してその感覚量733が対数などの非線形特性であることを示している。この感覚特性731上の、動作点A734で正のトルクを発生し、動作点B735で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、トルク感覚744は図10-4のように表わされる。トルク743は回転子の回転数742の時間微分に比例する。動作点A734、および動作点B735で動作させると、トルク感覚744が知覚される。トルク743は、物理的に1サイクルで初期状態748に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚744の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作点A734および動作点B735を適切に選択して、動作点A継続時間745および動作点B継続時間746を適切に設定することで、任意の方向に自在にトルク感覚を提示し続けることができる。

【0054】

以上のことは、感覚特性731が指数関数的な場合などの非線形特性を示す時にも成立する。(図10-3)の感覚特性731が(図3-1)の感覚特性231のように閾値を持つ場合も、(図3-2)と同様のトルク感覚が生じ、片方の方向のみにトルク感覚を間欠的に提示し続けることができる。

【0055】

図11は、2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813の回転の方向および位相を適切に同期させることによって、振動感覚・トルク感覚・力感覚の触力覚情報提示方法を示す図である。

【0056】

図11中の(図11-2)は、(図11-1)の2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を同方向で同期回転させた場合を模式化したものである。この同期回転の結果、偏心回転が合成される。(図11-3)は、(図11-1)の2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を同方向で180度位相が遅れて同期回転させた場合を模式化したものである。この同期回転の結果、偏心のないトルク回転を合成することができる。

【0057】

また(図11-4)は、(図11-1)の2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を反対方向に同期回転させた場合を模式化したものである。この反対方向の同期回転の結果、任意の方向に直線的に単振動する力を合成することができる。

【0058】

図12中の(図12-1)は、(図11-2)における2つの偏心回転子A822および偏心回転子B823の回転の方向および位相を適切に同期させることによって、偏心振動の振動強度を変化させる方法を示す図である。2つの偏心回転子A822および偏心回転子B823の回転の位相差(例えば、位相差0° 851、位相差90° 852、位相差180° 853)を調整して、2つの偏心回転子合成重心(854、855、856)、および回転子の回転中心と合成重心との重心モーメント長(857、858、859)を適切に変化させることによって、偏心回転子(822、823)の回転速度を変化させることなしに、偏心振動の振動強度を変化させることができる。これによって、振動周波数と振動強度を独立に制御することができる。

【0059】

これに対して、携帯電話のマナーモードなどで用いられている偏心回転子は、回転数を増加させることで振動強度を増加させており、振動周波数と振動強度を独立に制御することはできない。

【0060】

また(図12-2)は、(図11-4)における2つの偏心回転子A842および偏心回転子B843の回転の方向を適切に反転させることによって、力、および/または力感覚の強弱、振動および/または振動感覚の強度を変化させる方法を示す図である。2つの偏心回転子A842および偏心回転子B843の適切な位相(例えば、位相0° 861、

位相 45° 862、位相 90° 863、位相 135° 864、位相 180° 865)において回転方向を反転させることによって、振動の振幅(866、867)を適切に変化させることにより、偏心回転子(842、843)の回転速度を変化させることなしに、力、および/または力感覚の強度を可変にすることができる。これによって、力、および/または力感覚の周波数と強度とを独立して制御することができる。

【0061】

図11-1～図12-2における説明では2つ偏心回転子の回転軸は同一軸上に表現されているが、特に同一軸上にある必然性はなく、同一軸上も含め回転軸が平行してさえすればよい。

【0062】

図13は、2つの偏心回転子A812および偏心回転子B813を1組として、その3組を直交座標系に配置したものである。このように複数個の偏心回転子を3次元空間的に配置することによって、(図11-2)～(図11-4)で示された振動感覚、トルク感覚、力感覚を任意の3次元方向に提示することができる。上記の直交座標系の配置は、3次元方向に提示するための一例である。

【0063】

図14は、(図10-1)の偏心回転子711、(図11-1)のツイン偏心回転子871、図13の3次元空間配置されたツイン偏心回転子871のいずれかをシート状に2次元平面的に配置したシート状偏心回転子アレイ880を示す図である。ツイン偏心回転子871の駆動部分の実施方法は、分子モータや圧電素子などでもよく、目的の物理量を提示できるものならばどんなものでも構わない。

【0064】

図15は、本シート状偏心回転子アレイ880を手袋状に加工した手袋状偏心回転子アレイ890を示す図である。それぞれの偏心回転子の回転を適切に制御することで掌上に空間・時間的に様々なパターンの、振動感覚、トルク感覚、力感覚を提示することができる。

【0065】

なお、上記のシート状偏心回転子アレイ880および手袋状偏心回転子アレイ890は実施形態の一例に過ぎず、偏心回転子アレイが3次元的に配置された場合を含め衣類やウェアラブルな触力覚情報提示などにも応用することができる。

【0066】

図16は、力覚に関する感覚特性を用い、2つの偏心回転子A912および偏心回転子B913の回転を位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【0067】

ここで、(図16-2)は、(図16-1)の2つの偏心回転子A912および偏心回転子B913を同方向で 180° 位相が遅れて同期回転させた場合を模式化したものである。この同期回転の結果、偏心のないトルク回転を合成することができる。

【0068】

(図16-3)は感覚特性931が対数関数的な特性の場合を模式化したものであり、感覚特性931は感覚特性211と同様に刺激である物理量932に対してその感覚量933が対数などの非線形特性であることを示している。この感覚特性931上の、動作点A934で正のトルクを発生し、動作点B935で逆方向の負のトルクを発生した場合を考えると、トルク感覚944は(図16-4)のように表わされる。トルク943は回転子の回転数942の時間微分に比例する。動作点A934、および動作点B935で動作させると、トルク感覚944が知覚される。

【0069】

トルク943は、物理的に1サイクルで初期状態948に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量であるトルク感覚944の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作点A934および動作点B935を適切に選択して、動作点A継続時間945および動作点B継続時間946を適切に設定することで、任意の方向に自在にトルク感覚

を提示し続けることができる。

【0070】

以上のことは、感覚特性931が指数関数的な場合などの非線形特性を示す時にも成立する。(図16-3)の感覚特性931が(図3-1)の感覚特性231のように閾値を持つ場合も、(図3-2)と同様のトルク感覚が生じ、片方の方向のみにトルク感覚を間欠的に提示し続けることができる。

【0071】

図17は、力覚に関する感覚特性を用い、2つの偏心回転子A1012および偏心回転子B1013の回転を反対方向に位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【0072】

図17中の(図17-2)は、(図17-1)の2つの偏心回転子A1012および偏心回転子B1013を反対方向に同期回転させた場合を模式化したものである。この反対方向の同期回転の結果、任意の方向に直線的に単振動する力を合成することができる。(図17-3)は感覚特性1031が対数関数的な特性の場合を模式化したものであり、感覚特性1031は感覚特性211と同様に刺激である物理量1032に対してその感覚量1033が対数などの非線形特性であることを示している。この感覚特性1031上の、動作点A1034で正の力を発生し、動作点B1035で逆方向の負の力を発生した場合を考えると、力感覚1044は(図17-4)のように表わされる。2つの偏心回転子の合成回転速度の大きさ1042は偏心回転子A1012および偏心回転子B1013の回転速度の合成であり、力1043は2つの偏心回転子の合成回転速度の大きさ1042の時間微分に比例する。動作点A1034、および動作点B1035で動作させると、力感覚1044が知覚される。力1043は、物理的に1サイクルで初期状態1048に戻り、その積分値はゼロとなっている。しかし、感覚量である力感覚1044の感覚的積分値はゼロになるとは限らない。動作点A1034および動作点B1035を適切に選択して、動作点A継続時間1045および動作点B継続時間1046を適切に設定し、2つの偏心回転子A1012および偏心回転子B1013の同期位相を調整することで、任意の方向に自在に力感覚を提示し続けることができる。

【0073】

以上のことは、感覚特性1031が指数関数的な場合などの非線形特性を示す時にも成立する。(図17-3)の感覚特性1031が(図3-1)の感覚特性231のように閾値を持つ場合も、(図3-2)と同様な力感覚が生じ、片方の方向のみに力感覚を間欠的に提示し続けることができる。

【0074】

図18は、図17で示された2つの偏心回転子を用いた力感覚の提示方法を用いて、自分で押す感覚(図18-1)、膨張感(図18-2)、圧迫感(図18-3)、自分で引っ張る感覚(図18-4)、外部から引っ張られる感覚(図18-5)、外部から押される感覚(図18-6)を提示する方法を模式化した図である。

【0075】

自分で押す感覚(図18-1)は、掌の裏と表に、ツイン偏心回転子1111およびツイン偏心回転子1112を用いて、それぞれ力1113および力1114を提示することによって、自分で掌の表によって物体を押したような感覚を提示することができる。

【0076】

膨張感(図18-2)、圧迫感(図18-3)、自分で引っ張る感覚(図18-4)、外部から引っ張られる感覚(図18-5)、外部から押される感覚(図18-6)についても同様に提示することができる。

【0077】

図19は、手袋状偏心回転子アレイ1170上のそれぞれのツイン偏心回転子1172の回転を適切に制御することで、掌および指先などに、力1173、せん断力1174、トルク1175を提示する方法を示す図である。

【0078】

また、図 20 のように、指に巻かれたスキン状偏心回転子アレイ上で同一方向にトルクを提示することで、指全体をひねる合成トルク 1185 を提示することができる。

【0079】

さらに、図 21 のように、掌に提示する抗力 1193 の空間的な強度分布を適切に調整することで、球状抗力 1191 や立方体状抗力 1192 など提示することによって、掌に球や立方体などの 3 次元の形状感覚、あるいは弾力感覚およびプニョプニョ感などの触覚感覚を提示することができる。

【0080】

さらに、図 22 のように、掌に提示する抗力 1193 の空間的な強度分布を時間的に変化させることによって、力が掌上を伝わって行く感覚 1195、物が掌上を転がっていく感覚、力が掌を通過していく力感覚 1196 を提示することができる。同様に、せん断力、トルクなどを変化させることによって、表面粗さなどの仮想物体表面のテクスチャーを提示することができる。

【0081】

図 19～図 22 に示した以上の提示方法によれば、掌の動きに合わせて力感覚の空間部分分布を適切に変化させることによって、仮想的な物体の存在、形状、弾性、テクスチャーなどの物体に関する様々な触力覚情報を提示することができる。

【0082】

図 23 は、任意方向に振動感覚・力感覚・トルク感覚のいずれか 1 つ以上の触力覚情報を、連続的、断続的に提示する制御方法の 1 例として、力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いて、任意の方向に振動触力覚情報提示方法を示す図である。

【0083】

感覚特性は、マスキング振動 1216 によってマスキングされトルク感覚 1224 が減少する。このマスキング振動は、(図 17-2)において偏心回転子 A の回転速度 1022 および偏心回転子 A の回転速度 1023 を同期させて速度を振動されることによって発生させることができる。(図 23-1)はこれを模式化したものであり、この時知覚される力感覚 1224 は(図 23-2)のように表わされる。力 1213 は 2 つの偏心回転子の合成回転速度の大きさ 1212 の時間微分に比例する。

【0084】

この時、回転子の回転数 1212 を初期化する初期化時間 1215 を短縮していき、ある一定時間よりも短くなると初期化による負の力が物理的に存在するにも関わらず、力感覚 1244 のように力が連続して提示されているように感じられる臨界融合が生じる。

【0085】

以上のことは、マスキーとマスカーが異なる回転子による場合にも生じるし、また、力だけでなくトルクの場合にも同様な連続提示感覚が生じる。

【0086】

上記触力覚情報提示装置の実際の利用においては、人の何気ない動作によるトルク提示機の姿勢変化が、コリオリ力やジャイロ効果による慣性力として感じられてしまうため、回転子自身の慣性力を極力抑えた上で大きなトルクも提示できる必要がある。以下では、この慣性力について検討する。

【0087】

トルク感覚を発生させる方法として、慣性モーメントを持った回転体の回転数を加速・減速する方法と、回転体をその回転軸と直交する軸周りに回転させる方法がある。機構学的見地から以下の回転子姿勢制御型(以下、ジャイロ型 1311 と呼ぶ)と、合成角運動量ベクトル微分型 1312 の 2 つに大きく分類される(図 24)。

【0088】

まず、ジャイロスコープを用いた回転子の姿勢を制御するジャイロ型 1311 を説明する。ジンバル構造を用いて一定角速度 ω_0 で回転する回転子の姿勢を 2 つのジンバル軸周りの回転角 θ_1 、 θ_2 を変化させてトルクを発生させることができる。慣性モーメント I の

回転体を角速度 ω_0 で回転させた時の角運動量 L_0 は、

$$L_0 = I \omega_0$$

【0089】

と表わされる。このとき、トルクが発生する方向を考慮して、大きさ一定の角運動量ベクトル L ($|L| = L_0$) を角速度 ω で回転させたときのトルクベクトル τ は、

$$\tau = \omega \times L, \quad \text{ここで } \omega = d\theta/dt$$

で表わされる。

【0090】

次に、合成角運動量ベクトルの時間変化を制御する合成角運動量ベクトル微分型 1312 を説明する。x 軸、y 軸、z 軸に固定された 3 つの回転子の回転数 ω_x 、 ω_y 、 ω_z を独立に制御して、それぞれの回転子の角運動量を合成することで任意の方向に角運動量ベクトルを作り出すことができる。これを適切に制御すれば任意の方向にトルクを作り出すことができる。角運動量ベクトル L を変化させた時のトルクベクトルは以下のように表される。

【0091】

各 x、y、z 軸周りに角速度 ω_i で回転する角運動量 L_i は、各軸周りの慣性モーメントを I_i とすると、

$$L_i = I_i \omega_i, \quad i = x, y, z$$

【0092】

と表わされる。これらの各軸周りの角運動量から構成される合成角運動量ベクトルは、x、y、z 軸方向の基本ベクトルを i 、 j 、 k とすると、

$$L = L_x i + L_y j + L_z k$$

と表わされる。この合成角運動量ベクトルの時間微分がトルクベクトル τ である。

$$\tau = dL/dt$$

したがって、x、y、z 軸方向の角速度の比 $\omega_x : \omega_y : \omega_z$ を変えることで任意の方向に角運動量ベクトルの発生方向を制御することができる。本手法は制御が容易であり、変化に富んだ 3 次元力覚感覚を提示できる利点がある。なお、人が感じるトルクは、作用・反作用の法則により、このトルクベクトル τ と同じ大きさで反対方向である。

【0093】

ここで、 $|L| = L_0$ で一定とし、合成角運動量ベクトル L の向きが $\omega = d\theta/dt$ で回転する場合、

$$\tau = dL/dt$$

$$= \omega \times L$$

となり、ジャイロ型と一致する。このことは、ジャイロ型で提示可能なトルクは本提案方式によって提示できるが、その逆は非であることを示している。

【0094】

いま、所謂ヒトナビでの利用を考えた場合、ユーザの姿勢の動きが角運動量ベクトルの変化を生じ、意図しないトルクが提示される可能性がある。そこで、慣性座標系 O に対して角速度ベクトル Ω で回転する回転座標系 O_p 上で回転する合成角運動量ベクトル L によって発生するトルクについて考察する。

慣性座標系 $O1330$ および回転座標系 O_p1331 における運動方程式は、

$$\begin{aligned}\tau &= [dL/dt]_O \\ &= [dL/dt]_{O_p} + \Omega \times L\end{aligned}$$

と表わされる。図 25 に示すように、回転する人の掌上の合成角運動量ベクトル 1332 の時間変化によって人が感じられるトルクは、回転座標系 O_p1331 において合成角運動量ベクトル 1332 の時間変化によるトルク $[dL/dt]_{O_p}$ 、および、プリセッション・トルク $\Omega \times L$ が加算されたものとなる。このプリセッションとは、ジャイロに外部からトルクが加えられると加えられたトルクと直交する方向にジャイロのスピン軸が回転することであり、ここでのプリセッション・トルクの発生の原因は座標軸の回転にある。

すなわち、ユーザの掌の上でユーザから見て角運動量 L の時間的な変化がない場合でも、ユーザが図 25 のように角速度 Ω で回転しようとした時にはプリセッション・トルク $\Omega \times L$ を感じるようになる。

【0095】

ここでナビゲーションを行う場合、ユーザの姿勢の変化が抑制される場合が発生する。これは、ユーザの体が水平方向に回転した場合、角速度 Ω と直交する角運動量 $L_x i$ 、および $L_y j$ に対してジャイロコンパスでよく知られているプリセッション・トルクが働きユーザの体の回転 Ω を抑制しようとするためである。このプリセッション・トルクはユーザの自由な動きを妨げる反面、ユーザの歩行に伴うトルク提示デバイスのふらつきを抑える効果もある。また、ユーザの腕が上下方向に動いた場合、角運動量 $L_x i$ 、および $L_z k$ に対して同様なプリセッション・トルクが働く。つまり、ユーザが体を動かすとトルクが働いてジャイロコンパスのように常に同じ方向を示そうとする。

【0096】

本実施形態による制御特徴は、合成角運動量ベクトル $L1332$ の時間変化を制御する点であり、その制御の容易さが大きな利点である。 L をゼロの近傍で急激に変化させることによって、大きなトルク $[dL/dt]_{O_p}$ を発生させながらも、プリセッション・トルク ($\Omega \times L$) を小さく抑え込むことが可能である。これによって、上記のユーザの動きを阻害することなしにナビゲーションを可能とできる。

これとは反対に、もしユーザの動きに伴ってトルク提示機が揺れて困る場合は、適度な大きさの合成角運動量ベクトル $L1332$ の近傍で L を時間変化させることによってトルク提示機の揺れを抑えながらもトルクを提示することが可能となる。

一方、ジャイロ型 1311 を用いた場合、

$$\begin{aligned}\tau &= [dL/dt]_{O_p} + \Omega \times L \\ &= \omega \times L + \Omega \times L\end{aligned}$$

となり、大きなトルクを提示するためには、大きな角運動量ベクトル L が必要であり、その結果、大きなプリセッション・トルクを必ず発生させてしまう。

【0097】

特に、所謂ヒトナビでの使用するためには、携帯電話や PDA に内蔵されるか、外付けできる程度の小型化が必要である。ここでは、携帯電話に内蔵した場合のトルク提示方法・動作原理について検討する。

【0098】

実際にトルクを発生させる次元数によって図 26 のように 4 つに分類できる。

【0099】

従来の携帯電話では、バイブレーションは着信を知らせるために使われてきた。最近の携帯電話によるナビでは、曲がり角に近づくとまずバイブレーションによって注意を喚起して、その後音声によって曲がるべき方向を示すようになっている。すなわちバイブレーションによる注意喚起であり、方向情報を提示していないので、これを0次元として位置付けた（バイブレーション1341）。

【0100】

また、ナビなどの平面空間での方向提示ならば、（図26-3）に示すように2次元でも十分であり、携帯電話などに内蔵して力覚的ナビゲーションシステムを構築することができる。（図26-4）は、重心のバランスなどを考慮して新たに考案した対向式のツインモータ方式を採用したモデルである。

【0101】

次に、3次元トルク提示の利点を説明する。

【0102】

既述の通り、 $\Omega \times L$ 成分はユーザの動きを阻害するため L がゼロ近傍となる制御点で動作させることを提案した。しかし、 L_z 成分は、ユーザの振り向きなどの水平面での回転にはプリセッションのトルクが働かないが、腕の上下動には飛行機におけるバーティカルジャイロのように回転軸の保存性によりトルク提示機の姿勢が安定する（図27参照）。

【0103】

つまり、腕が下がり肘を支点として回転ベクトル Ω が生じ、掌上のトルク提示機に X 方向にトルク τ_x が発生して L_z ベクトルを回転しようとして、回転ベクトル Ω を打ち消す方向にトルクが発生する。この肘を支点としたトルク提示機の上下動を抑制するトルクがトルク提示機の位置を安定させると考えられる。

【0104】

これが L_x ならば地球ゴマが水平を維持したまま倒れずに回転するように、腕が水平面を回転しながら重力を打ち消すトルクが発生してトルク提示機を浮かせる形になり、持ち続ける疲労を軽減してくれると考えられる。しかし、水平面に回転を続けさせられるという問題が生じてしまう。

【産業上の利用可能性】

【0105】

本発明を実施することにより、VR (Virtual Reality) の分野において用いられる機器、ゲームの分野において用いられる機器、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器、PDA（携帯情報端末）などに搭載され得る、有用なマンマシンインターフェイスを実現することができる。

【0106】

より具体的に述べると、例えばVRの分野においては、本発明を適用したマンマシンインターフェイスを介して人に力を提示したり、抗力あるいは反力などを与えて人の動きを制限することにより、仮想空間における物体の存在や衝突による衝撃を提示することができる。また、携帯電話機、携帯型ナビゲーション機器などに上記インターフェイスを搭載することにより、操作者の皮膚を介して、従来には見られなかった各種多様な指示・案内等を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0107】

【図1】本発明の一実施形態におけるの触力覚情報提示装置の概略構成を示す図である。

【図2】触力覚に関する感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図3】触力覚に関する感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図4】触力覚に関するヒステリシスの感覚特性を用いた触力覚情報提示方法を示す

図である。

【図 5】触力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 6】触力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 7】触力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を模式化した図である。

【図 8】触力覚に関する感覚特性の変化に合わせて触力覚情報提示を制御する方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 9】触力覚に関する感覚特性である不等方性感度曲線変化に合わせて触力覚情報提示を制御する方法を用いた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 1 0】触力覚に関する感覚特性を用い、偏心回転子 7 1 1 の回転を位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 1 1】2つの偏心回転子 A 8 1 2 および偏心回転子 B 8 1 3 の回転の方向および位相を適切に同期させることによって、振動感覚、トルク感覚、力感覚の触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 1 2】2つの偏心回転子 A 8 1 2 および偏心回転子 B 8 1 3 の回転の方向および位相を適切に同期させることによって、振動感覚、力感覚の触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 1 3】2つの偏心回転子 A 8 1 2 および偏心回転子 B 8 1 3 を 1 組として、その 3 組を直交座標系に配置した説明図である。

【図 1 4】本発明を適用したシート状偏心回転アレイの説明図である。

【図 1 5】本発明を適用した手袋状偏心回転アレイの説明図である。

【図 1 6】触力覚に関する感覚特性を用い、2つの偏心回転子 A 9 1 2 および偏心回転子 B 9 1 3 の回転を位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 1 7】触力覚に関する感覚特性を用い、2つの偏心回転子 A 1 0 1 2 および偏心回転子 B 1 0 1 3 の回転を反対方向に位相同期させた触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 1 8】図 1 7 に示した 2 つの偏心回転子を用いた力感覚の提示方法を用いて、自分で押す感覚、膨張感、圧迫感、自分で引っ張る感覚、外部から引っ張られる感覚、外部から押される感覚を提示する方法を模式化した図である。

【図 1 9】本発明を適用したスキン状偏心回転アレイの説明図である。

【図 2 0】本発明を適用したスキン状偏心回転アレイの説明図である。

【図 2 1】本発明を適用したスキン状偏心回転アレイの説明図である。

【図 2 2】本発明を適用したスキン状偏心回転アレイの説明図である。

【図 2 3】触力覚に関するマスキング効果によって感覚特性を変化させる方法を用いて、任意の方向に振動触力覚情報提示方法を示す図である。

【図 2 4】ジャイロ型および合成角運動量ベクトル微分型についての説明図である。

【図 2 5】慣性座標系における合成角運動量の説明図である。

【図 2 6】本発明を適用した触力覚情報提示装置を携帯電話に内蔵した場合のトルク提示方法・動作原理について示した説明図である。

【図 2 7】3次元トルク提示の利点を説明するに際して、腕の上下動には飛行機におけるバーティカルジャイロのように回転軸の保存性によりトルク提示機の姿勢が安定することを示す説明図である。

【符号の説明】

【 0 1 0 8 】

1 1 2 触力覚提示機

1 1 1 制御装置

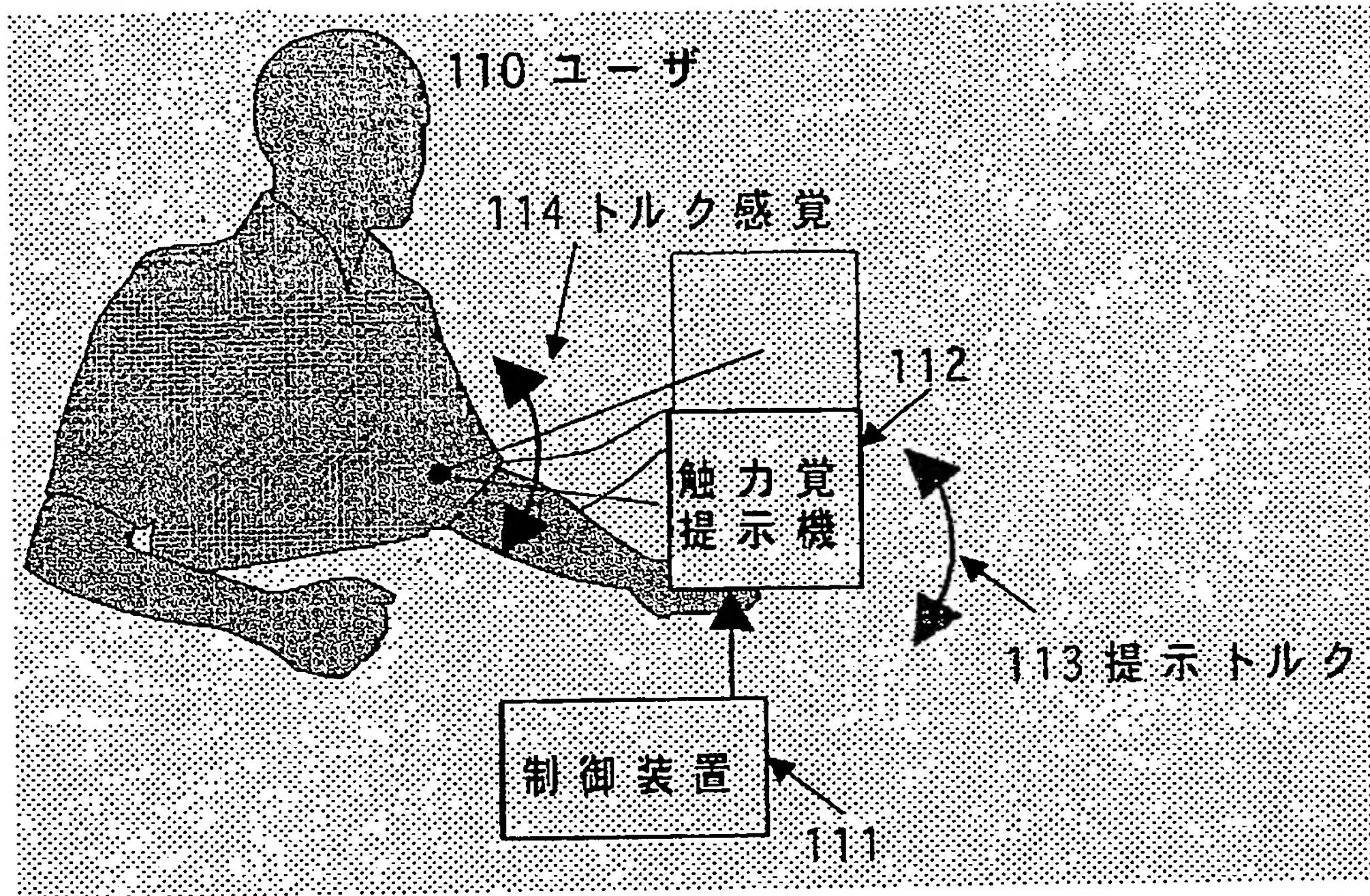
1 1 0 ユーザ

2 1 1 感覚特性

2 1 2 物理量
2 1 3 感覚量
2 1 4 動作点 A
2 1 5 動作点 B
2 2 2 回転数
2 2 3 トルク
2 2 4 トルク感覚
2 2 8 初期状態
2 2 5 動作点 A 継続時間
2 2 6 動作点 B 継続時間
2 3 1 感覚特性
2 3 4 動作点 A
2 3 5 動作点 B
2 4 4 トルク感覚
2 4 3 トルク
2 4 8 初期状態
2 4 6 動作点 B 継続時間
3 1 2 変位
3 1 1 ヒステリシスの感覚特性
3 1 4 動作経路 A
3 1 5 動作経路 B
3 3 4 トルク感覚
3 3 3 トルク
3 3 2 回転数
3 3 8 初期状態
4 6 4 トルク感覚
4 2 4 マスキング
4 2 5 前方マスキング
4 2 6 後方マスキング
4 1 3 トルク
4 3 4 トルク感覚
4 1 2 回転数
4 1 5 初期化時間
4 4 5 マスキング継続時間
4 8 5 前方マスキング
4 8 6 後方マスキング
4 8 4 トルク感覚
5 1 3 触力覚提示機
5 1 4 提示トルク
5 1 5 筋肉起因トルク
5 1 6 提示トルク
5 1 7 トルク感覚
8 1 2 偏心回転子 A
8 1 3 偏心回転子 B
9 1 2 偏心回転子 A
9 1 3 偏心回転子 B
9 3 1 感覚特性
9 3 2 物理量
9 3 3 感覚量
9 3 4 動作点 A

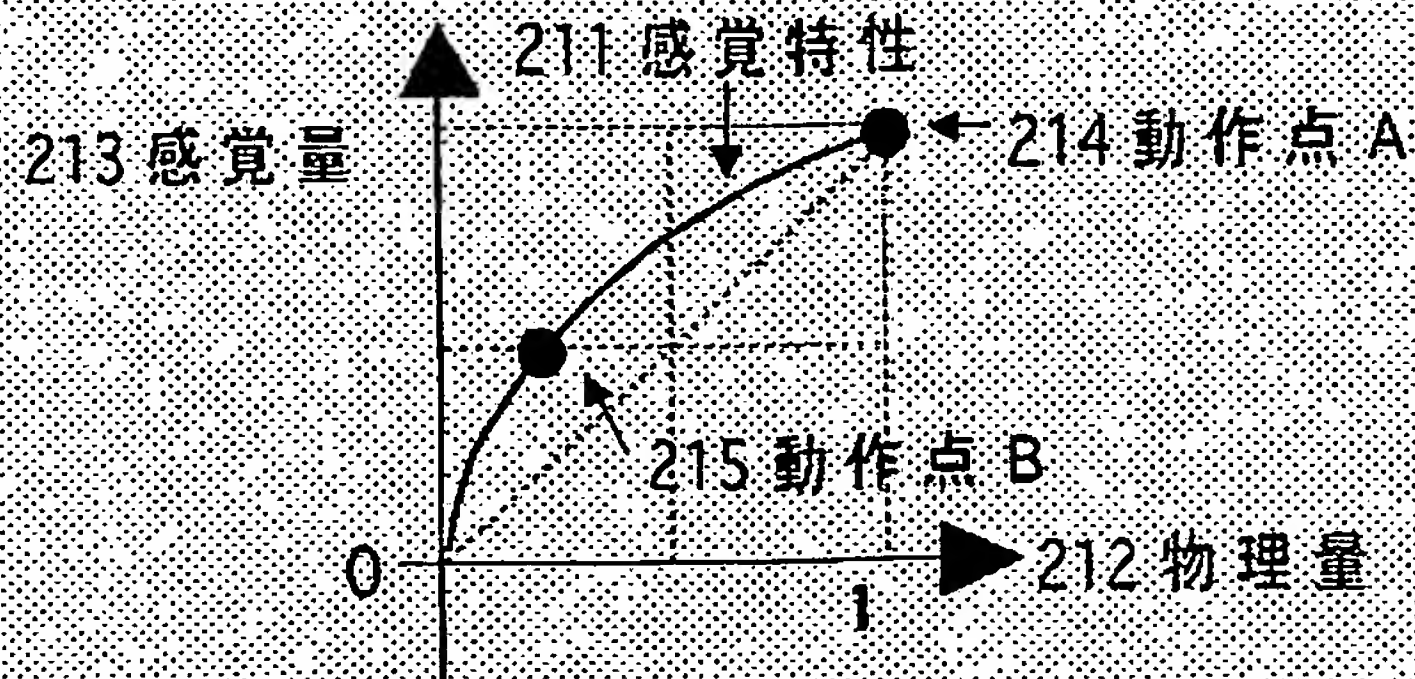
9 3 5 動作点 B
9 4 4 トルク感覚
9 4 2 回転数
9 4 3 トルク
9 4 8 初期状態
9 4 5 動作点 A 継続時間
9 4 6 動作点 B 継続時間
1 0 1 2 偏心回転子 A
1 0 1 3 偏心回転子 B
1 0 3 1 感覚特性
1 0 3 2 物理量
1 0 3 3 感覚量
1 0 3 4 動作点 A
1 0 3 5 動作点 B
1 0 4 4 力感覚
1 0 4 3 力
1 0 4 2 合成回転速度の大きさ
1 0 4 8 初期状態
1 0 4 5 動作点 A 継続時間
1 0 4 6 動作点 B 継続時間
1 1 1 1 ツイン偏心回転子
1 1 1 2 ツイン偏心回転子
1 1 1 3、1 1 1 4 力
1 2 1 6 マスキング振動
1 2 2 4 トルク感覚
1 2 2 4 力感覚
1 2 1 2 合成回転速度の大きさ
1 2 1 5 初期化時間
1 2 4 4 力感覚

【書類名】 図面
【図 1】

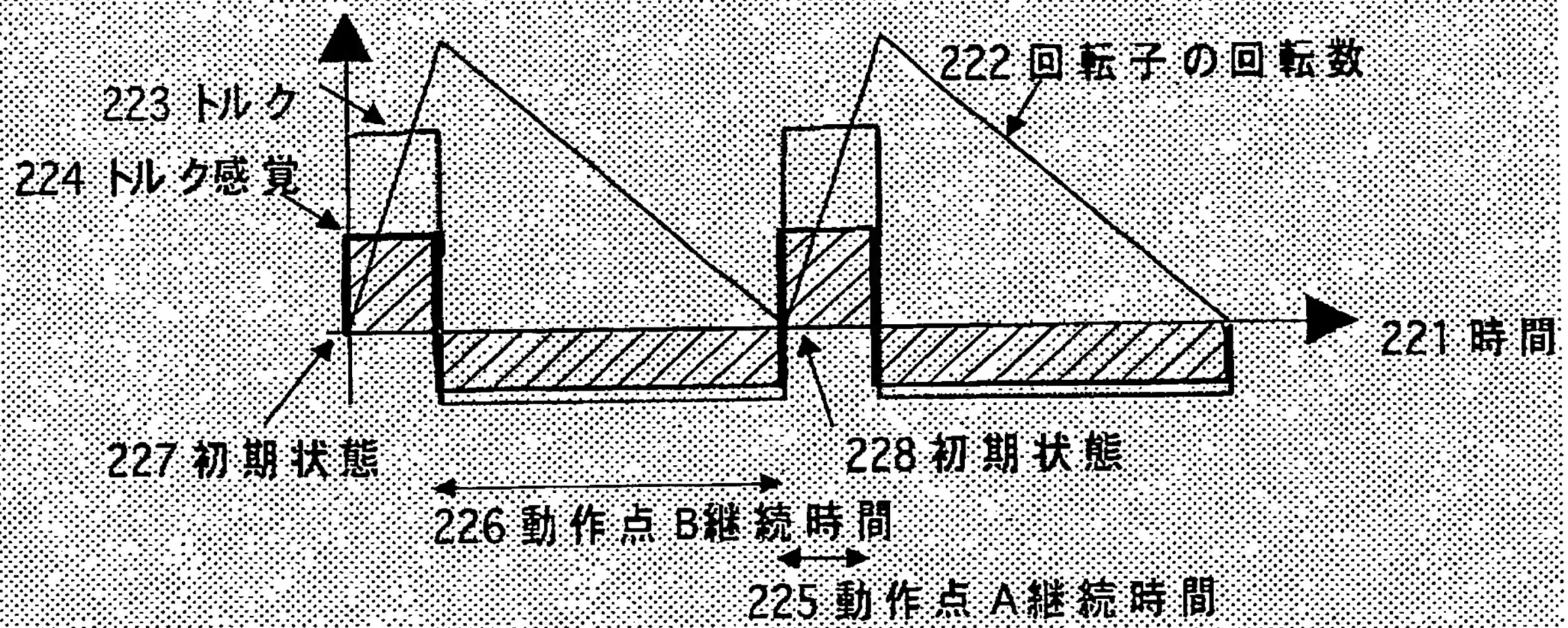


【図 2】

(図 2-1)

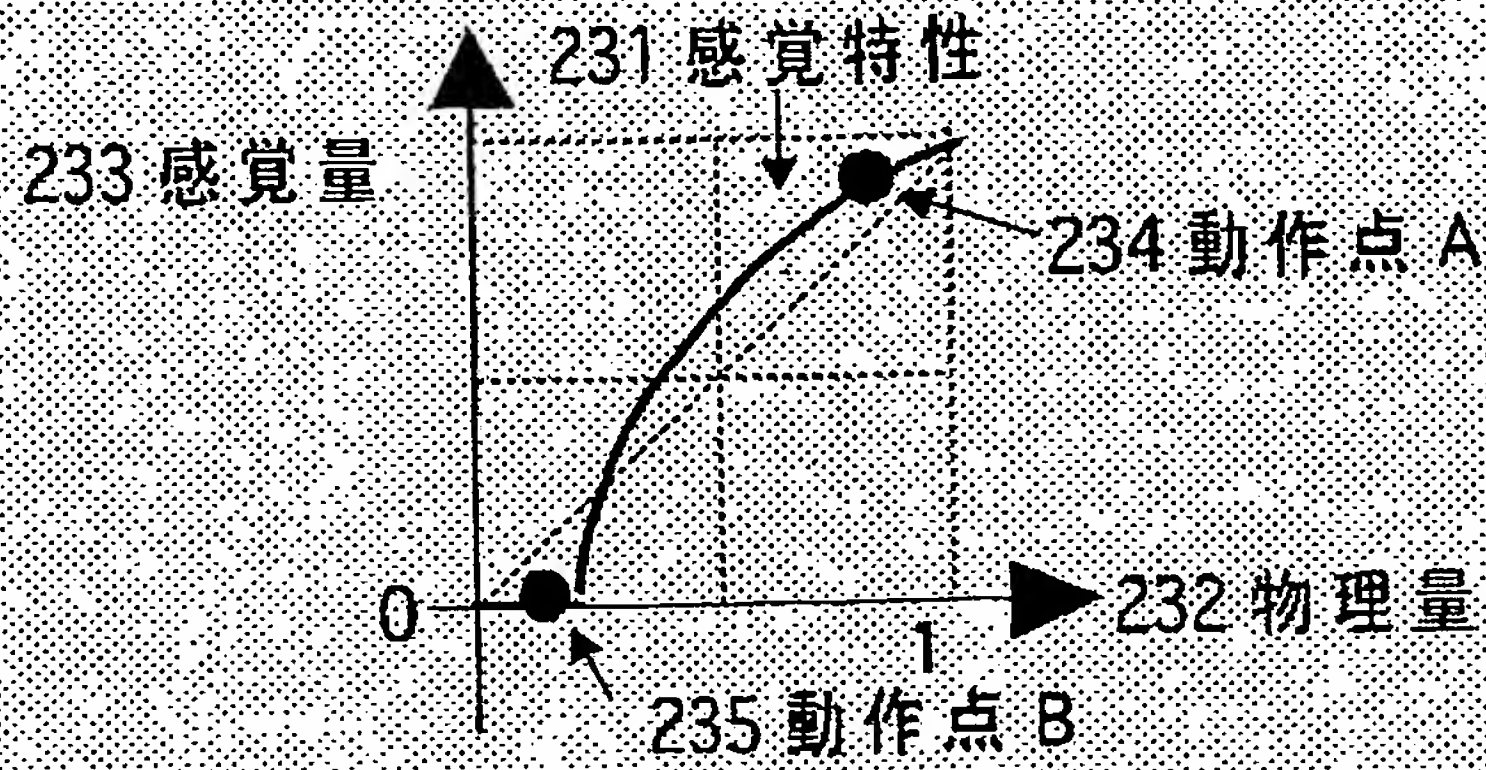


(図 2-2)

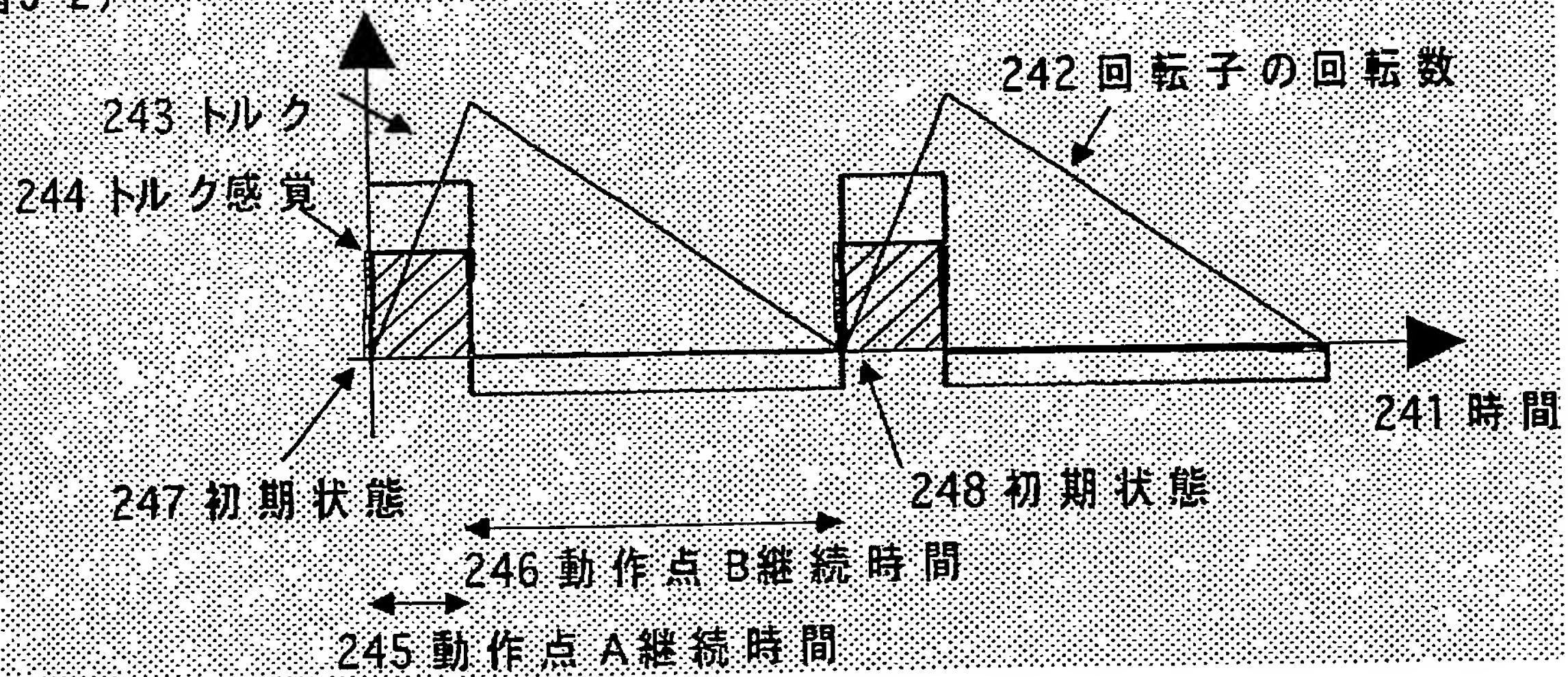


【図 3】

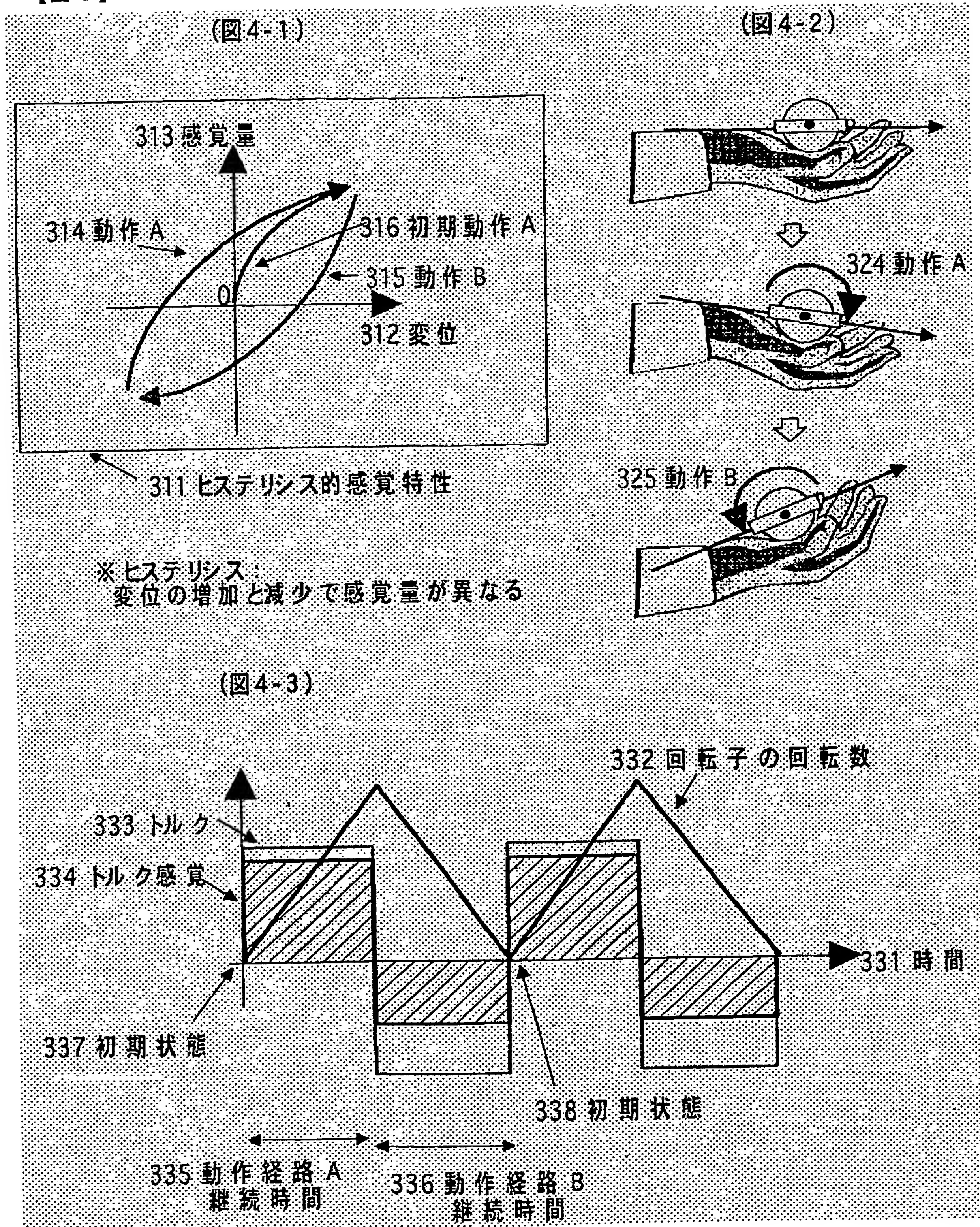
(図 3-1)



(図 3-2)

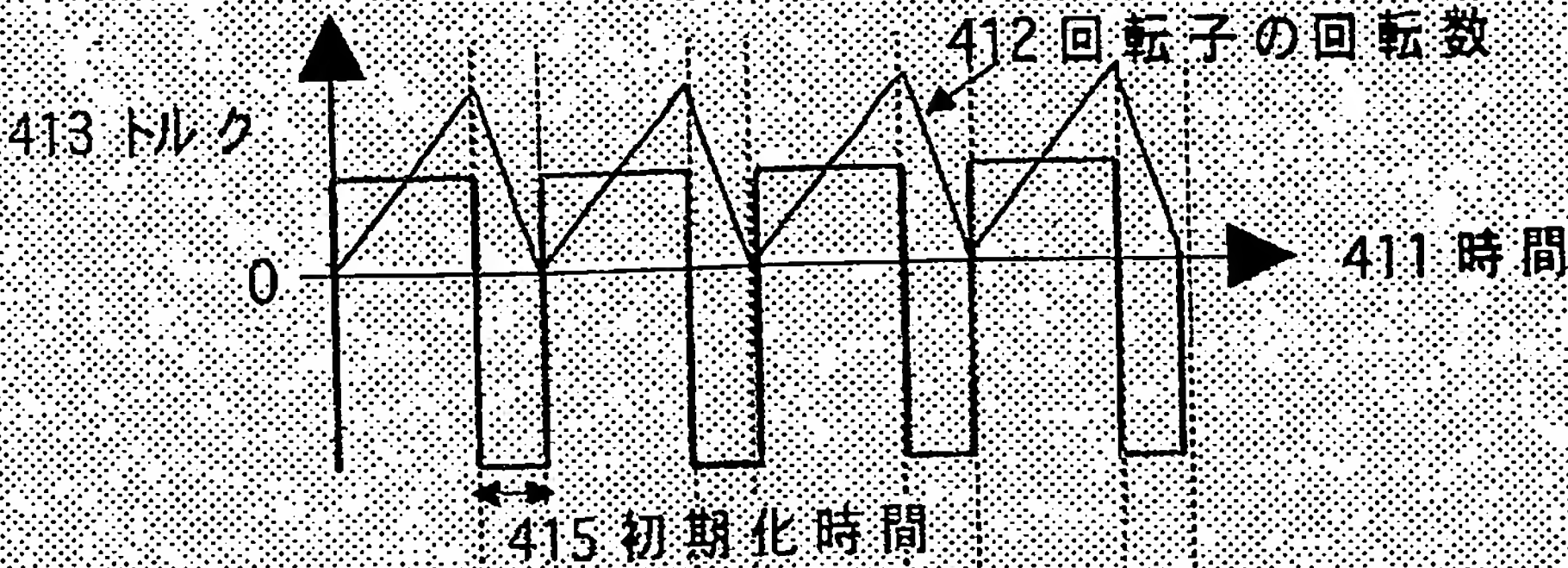


【図 4】

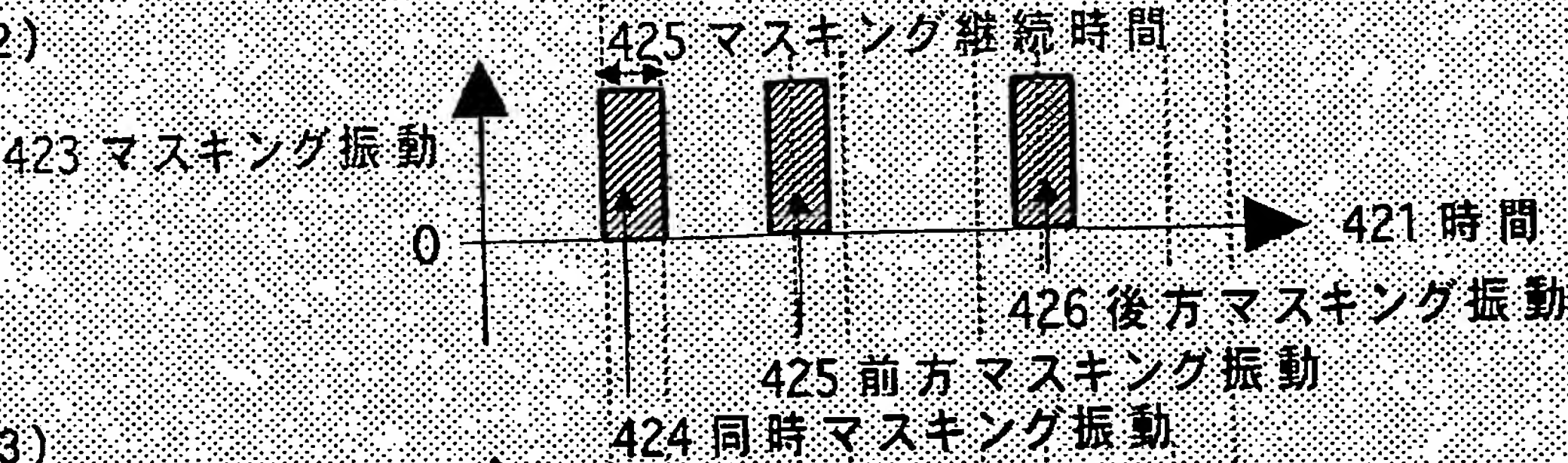


【図 5】

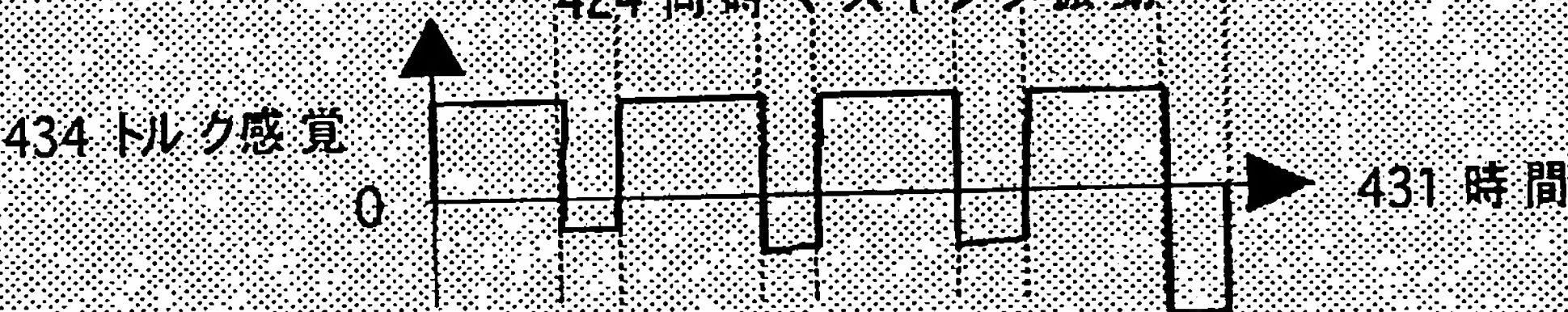
(図 5-1)



(図 5-2)

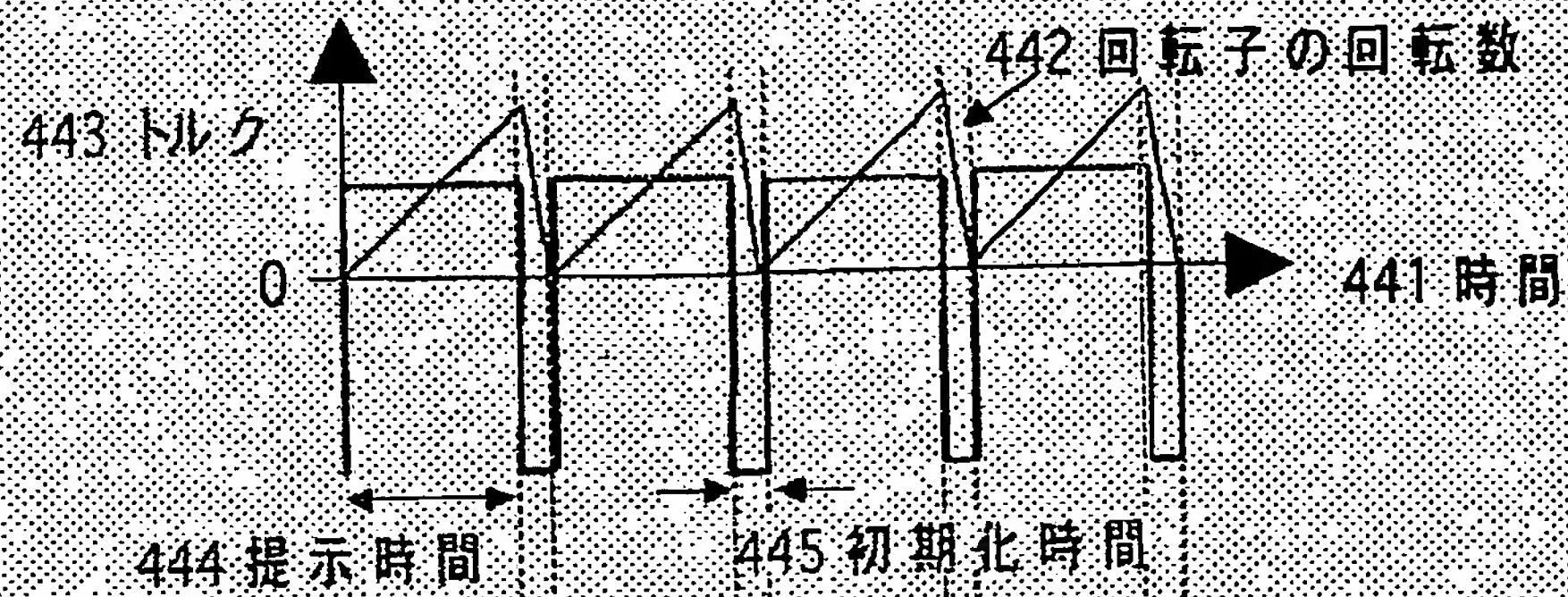


(図 5-3)

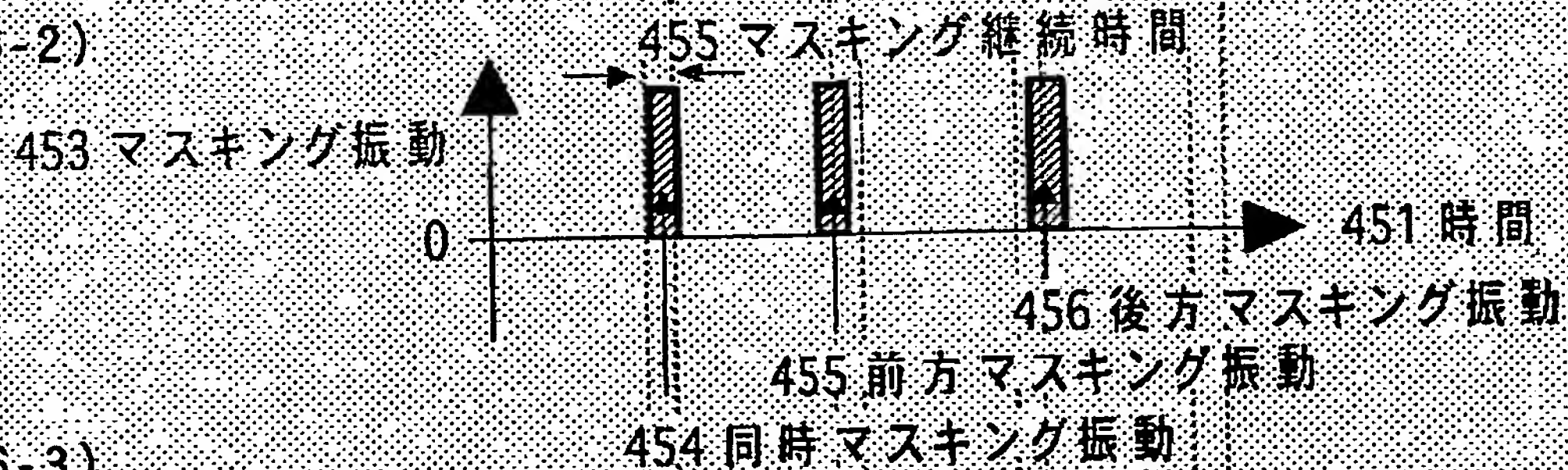


【図 6】

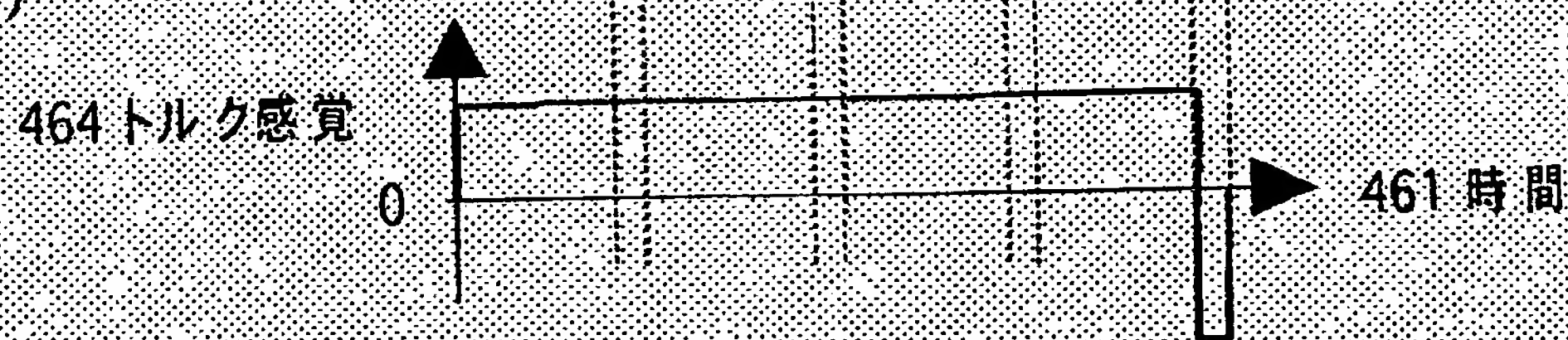
(図 6-1)



(図 6-2)

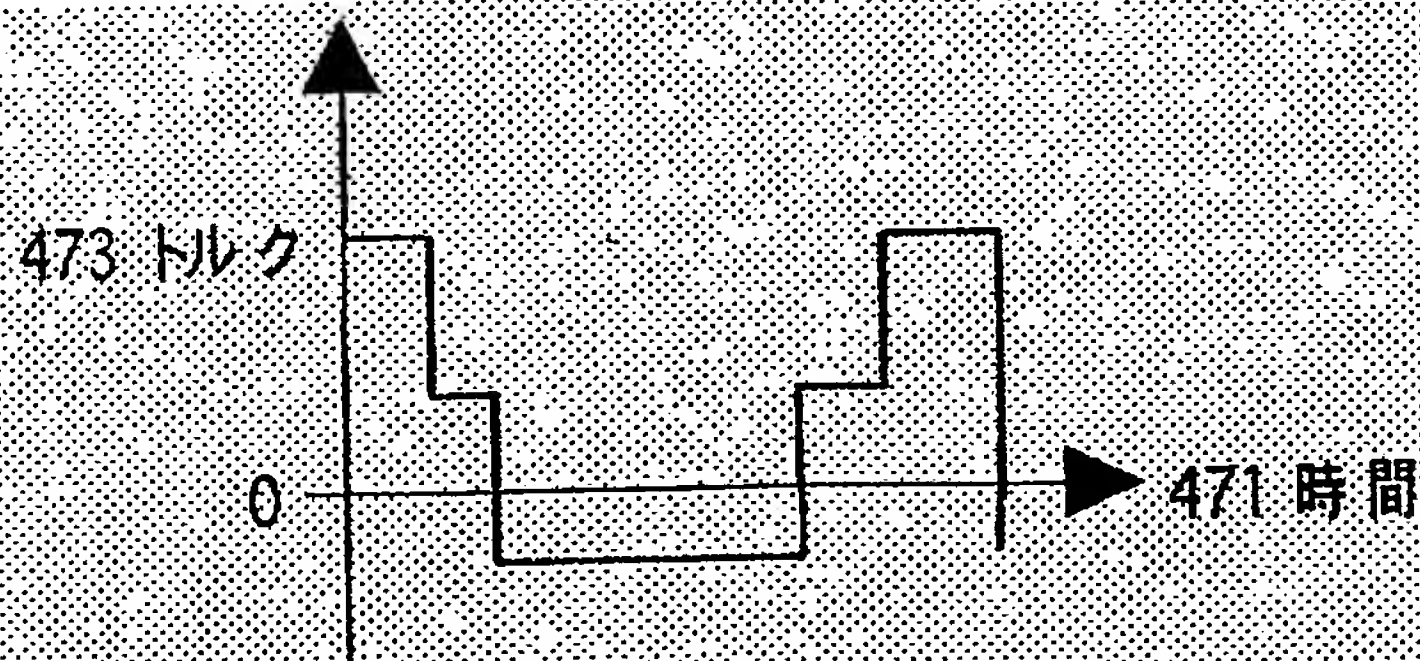


(図 6-3)

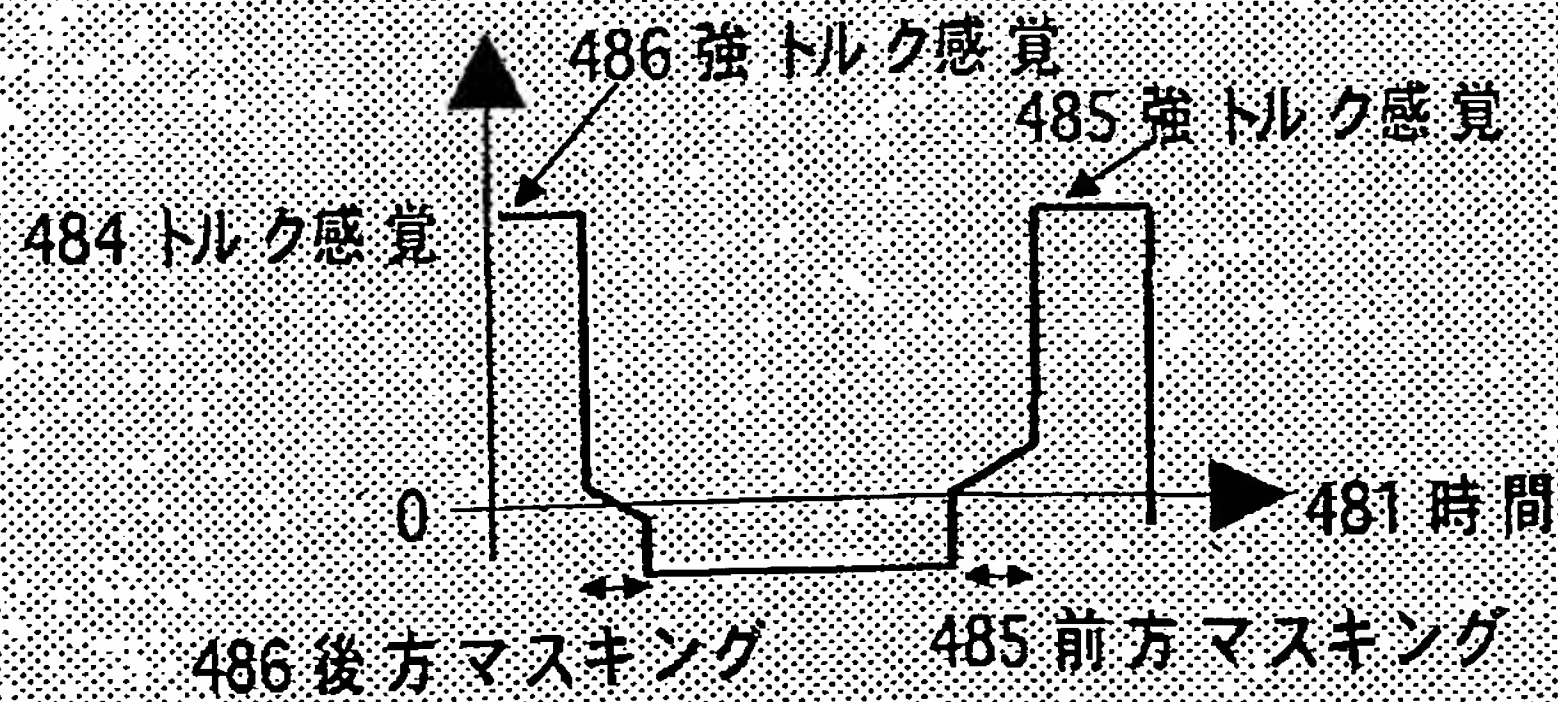


【図 7】

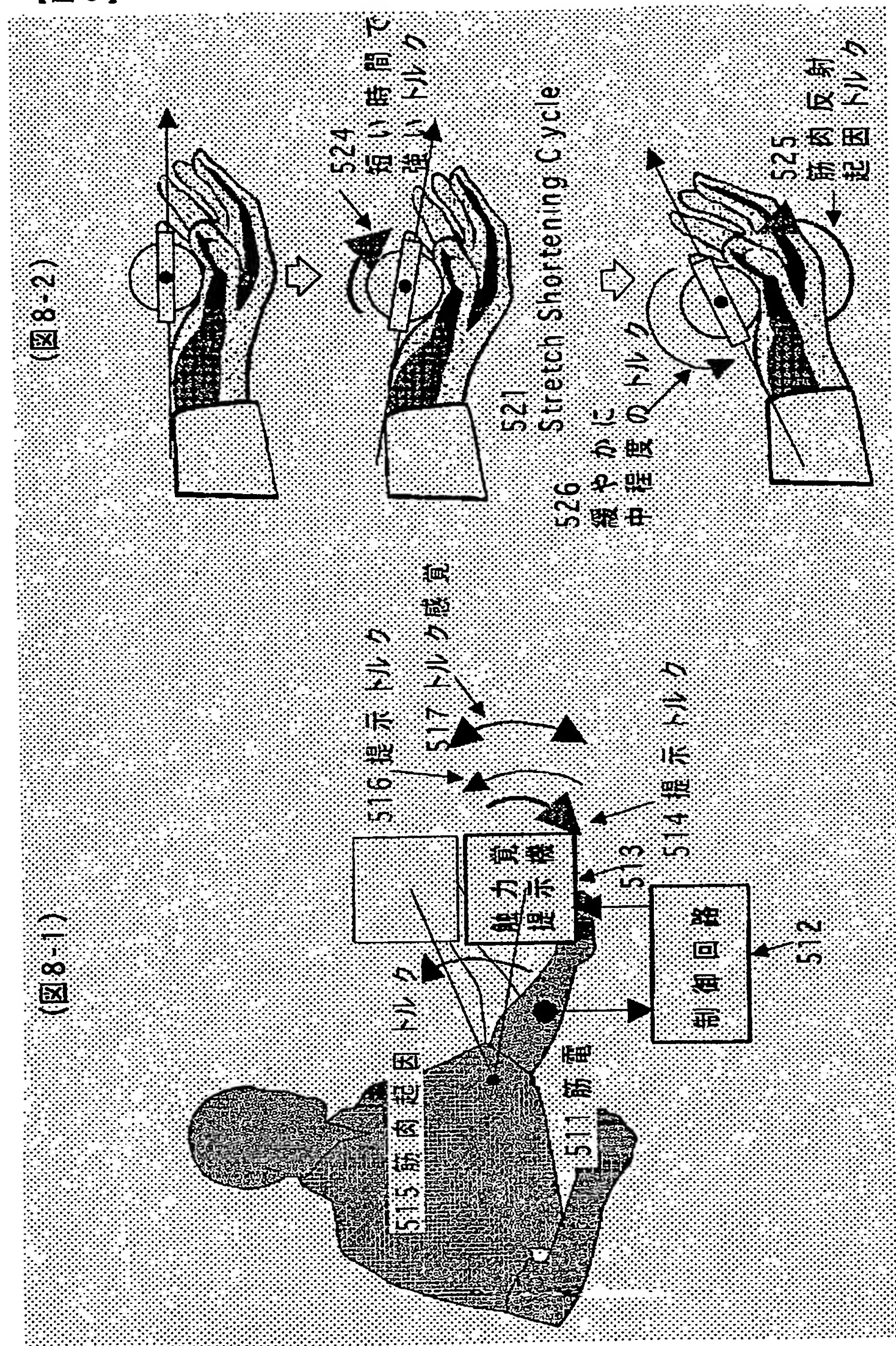
(図 7-1)



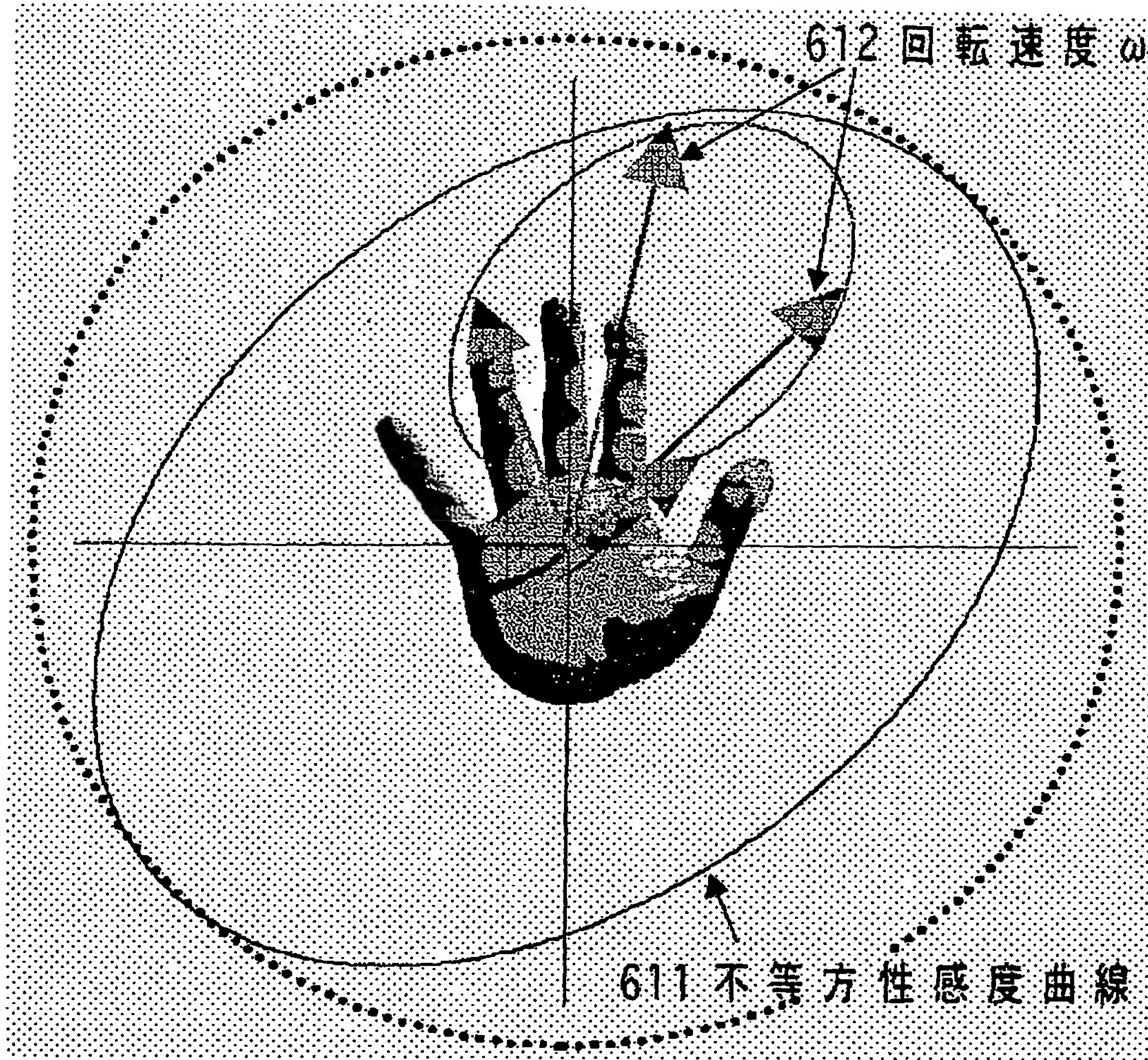
(図 7-2)



【図8】

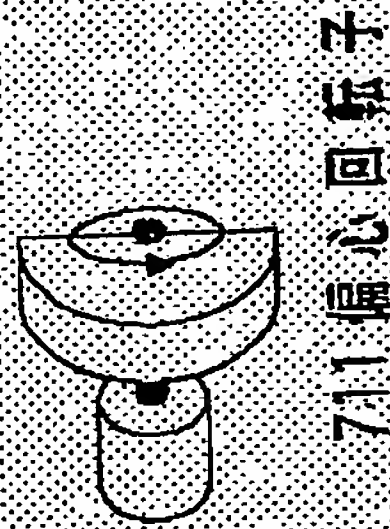


【図 9】

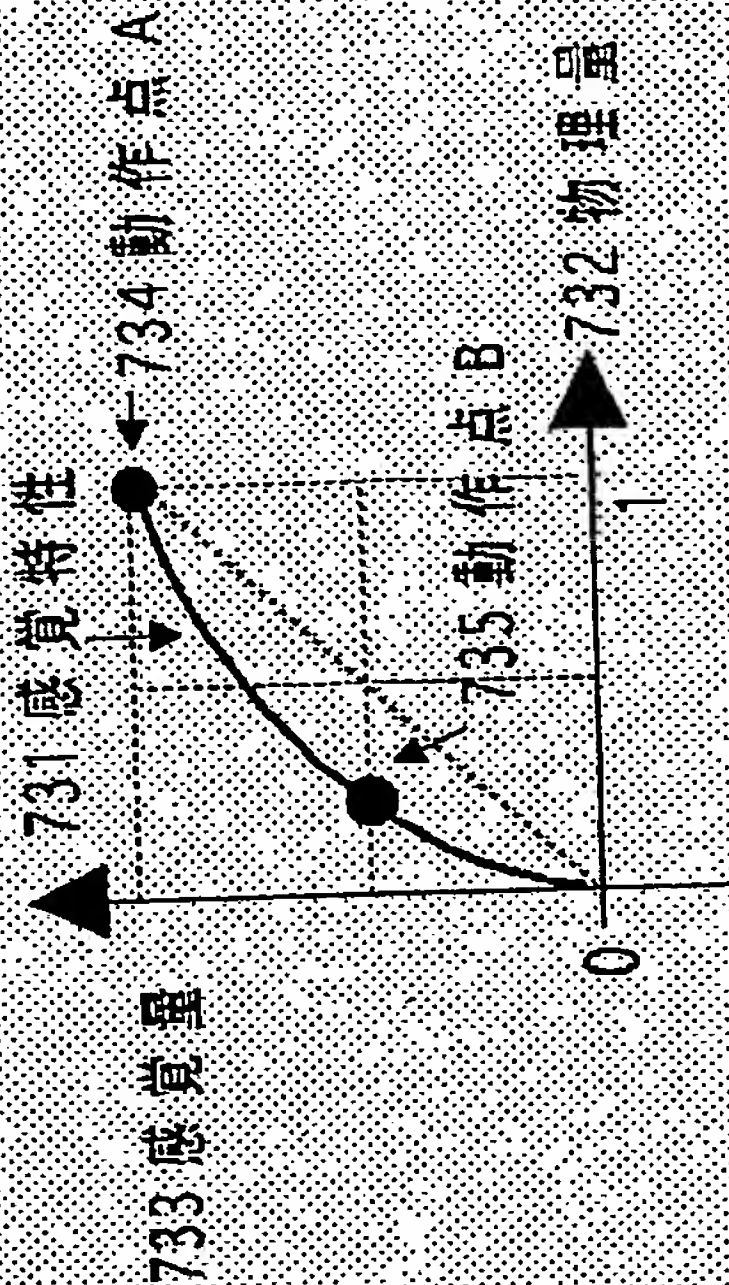


【図10】

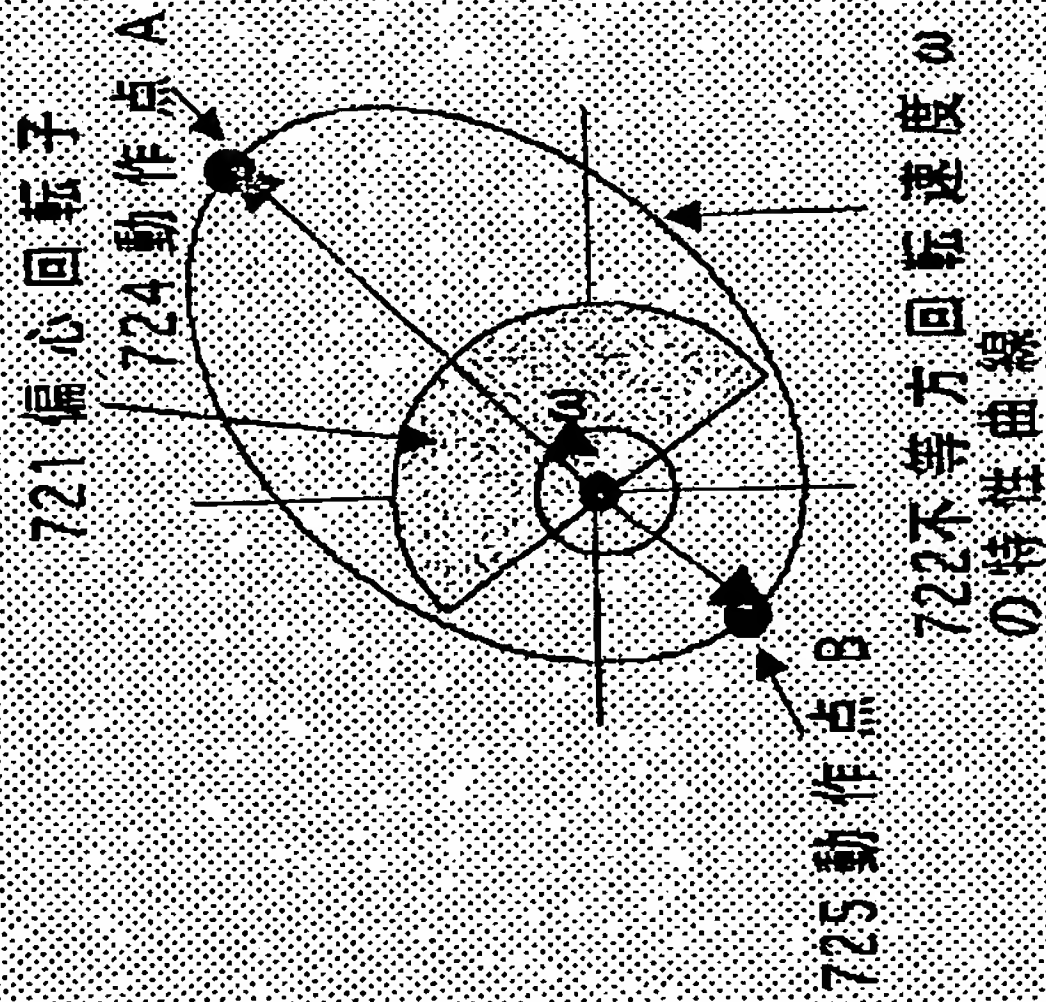
(図10-1)



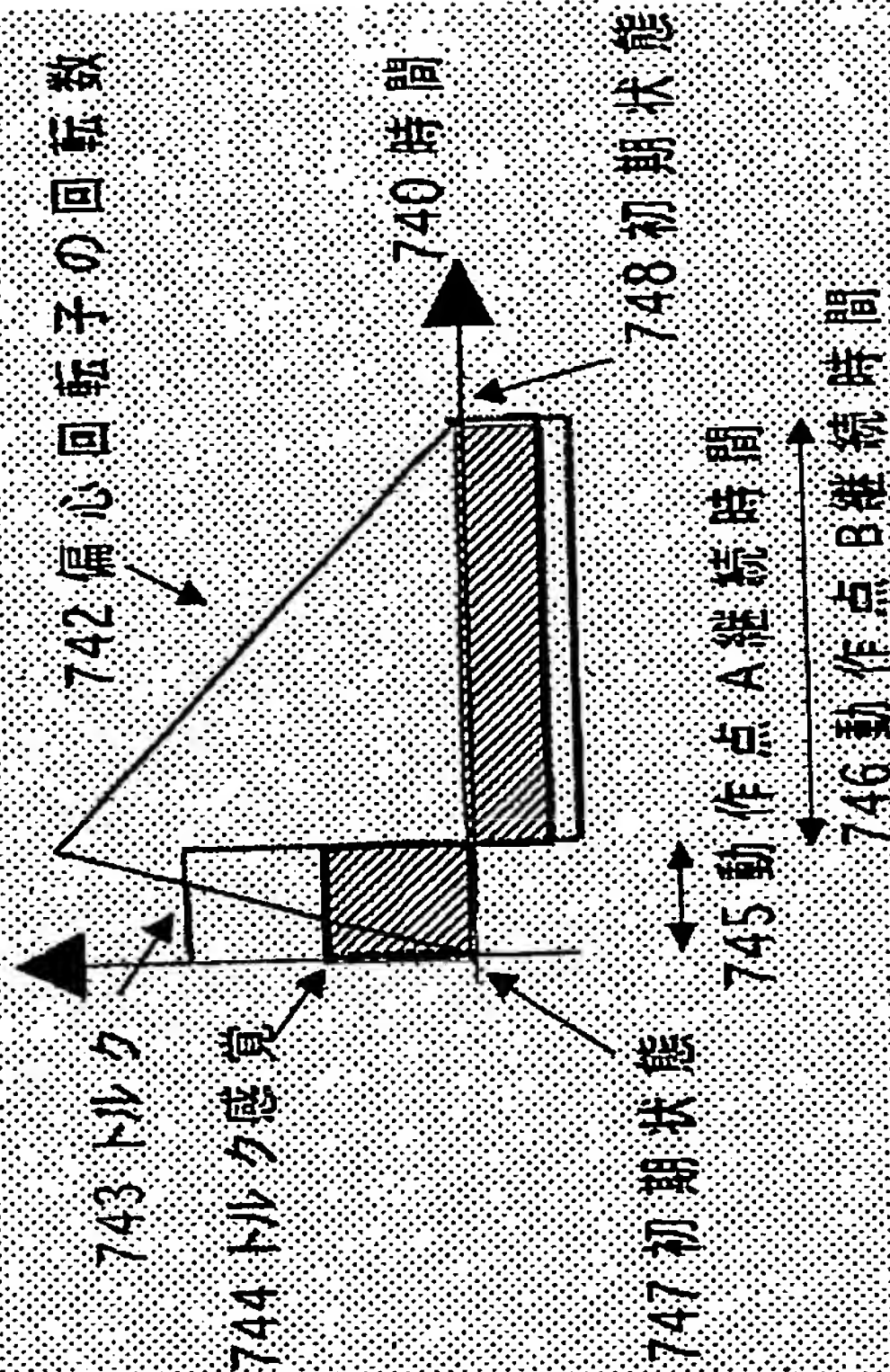
(図10-3)



(図10-2)

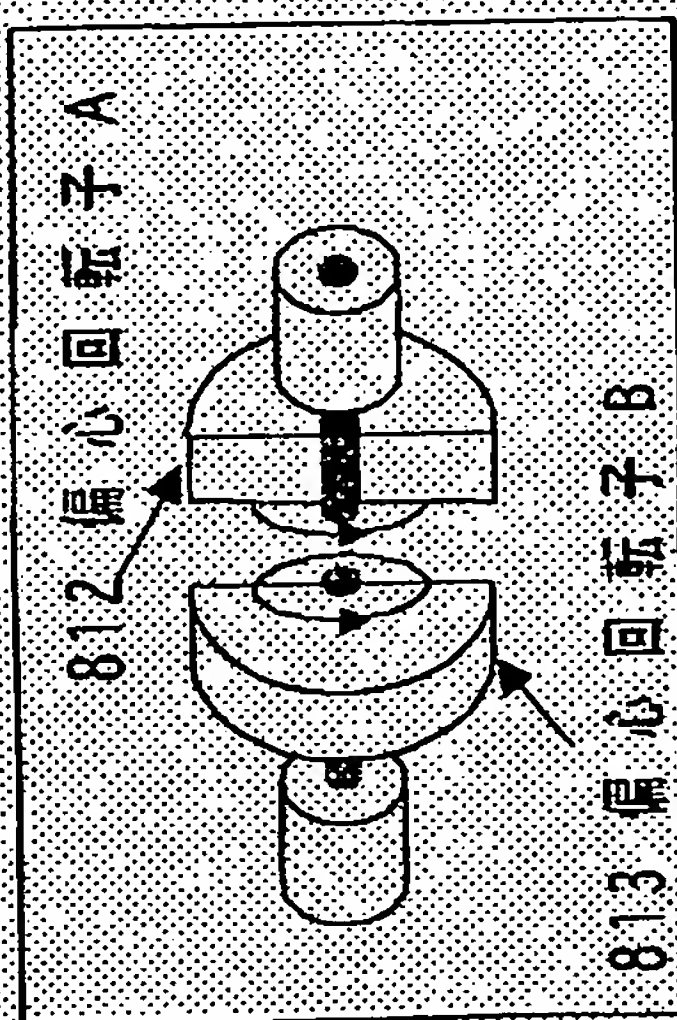


(図10-4)



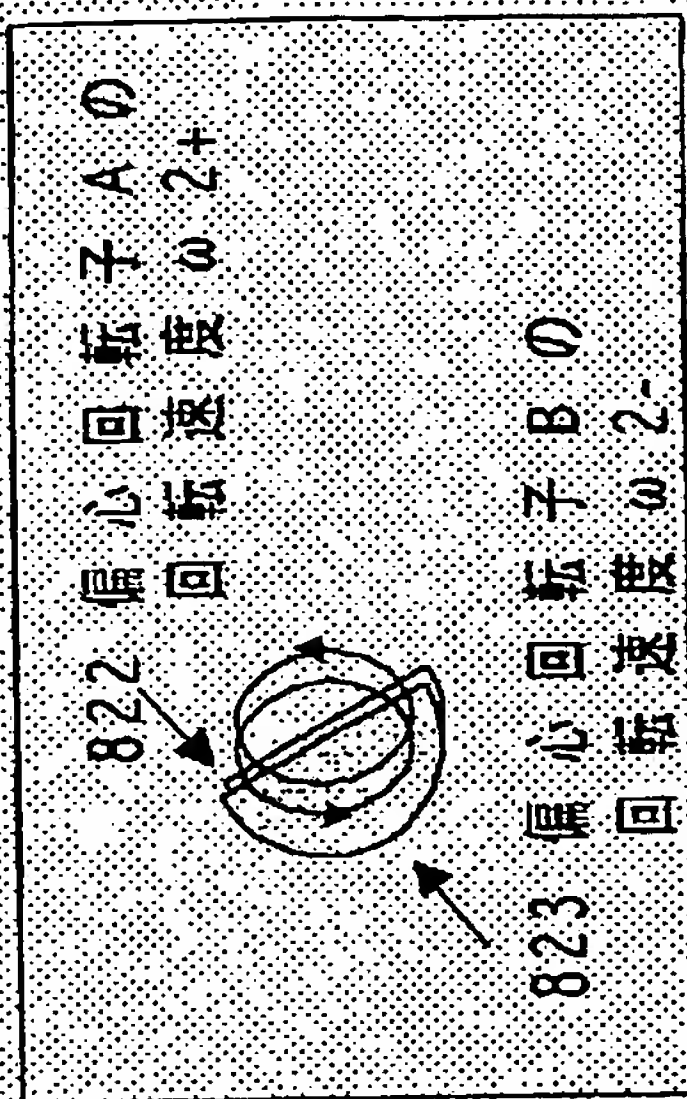
【図 11】

(図 11-1)



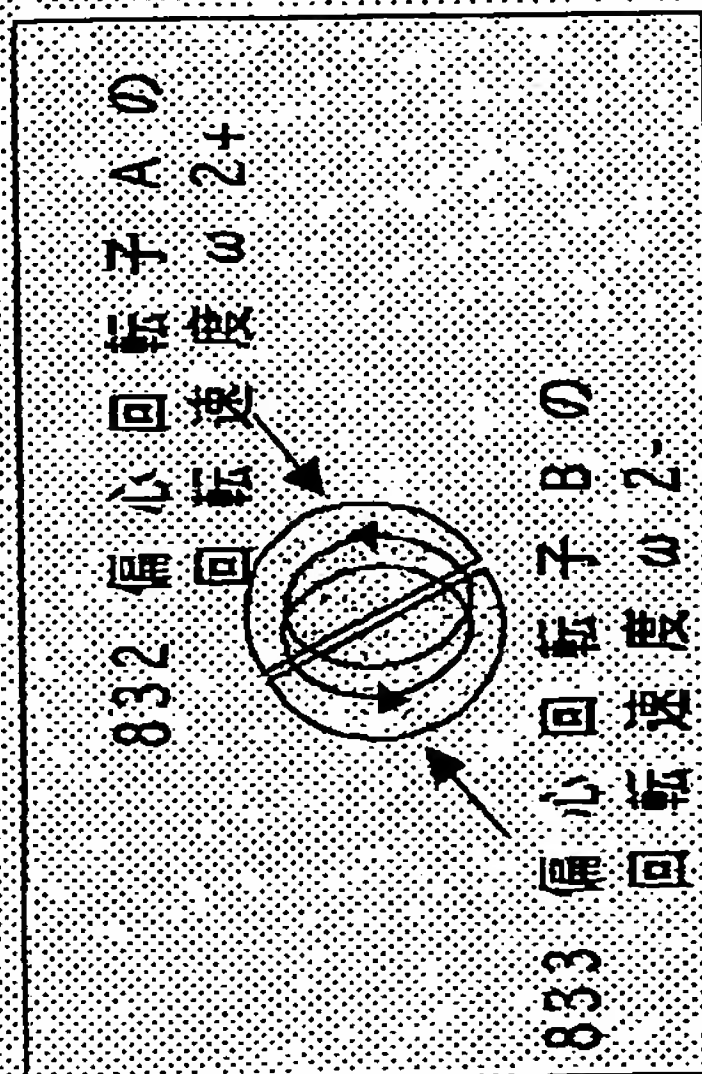
811 ツイン偏心回転子

(図 11-2)



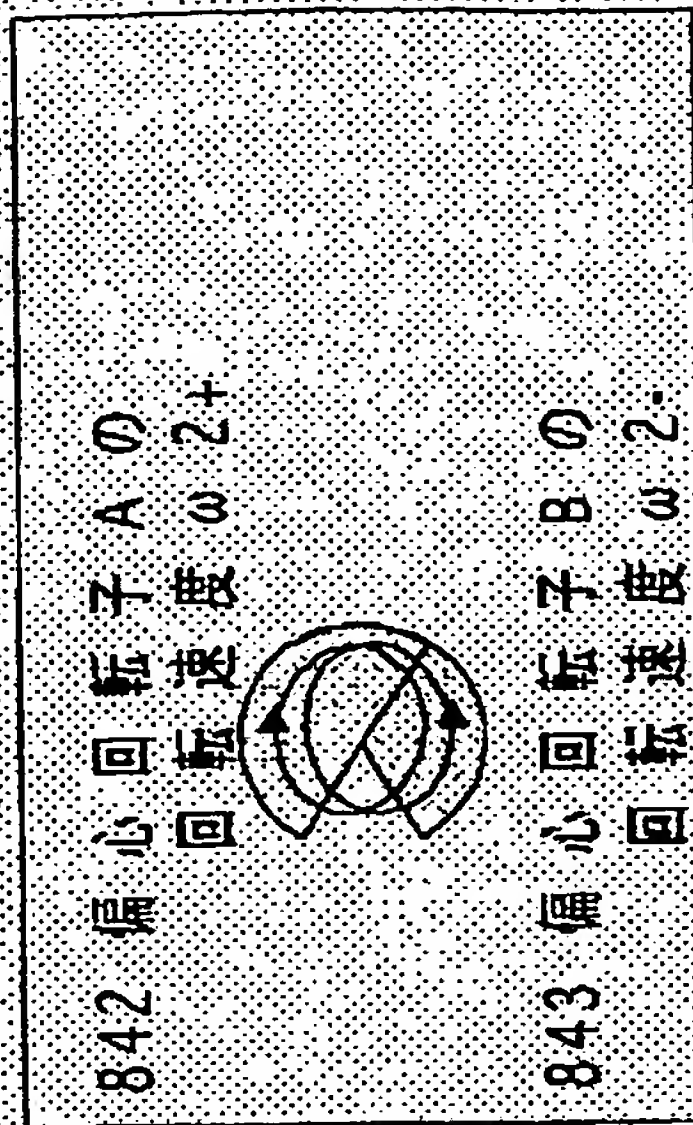
821 振動提示用
ツイン偏心回転子の位相関係

(図 11-3)



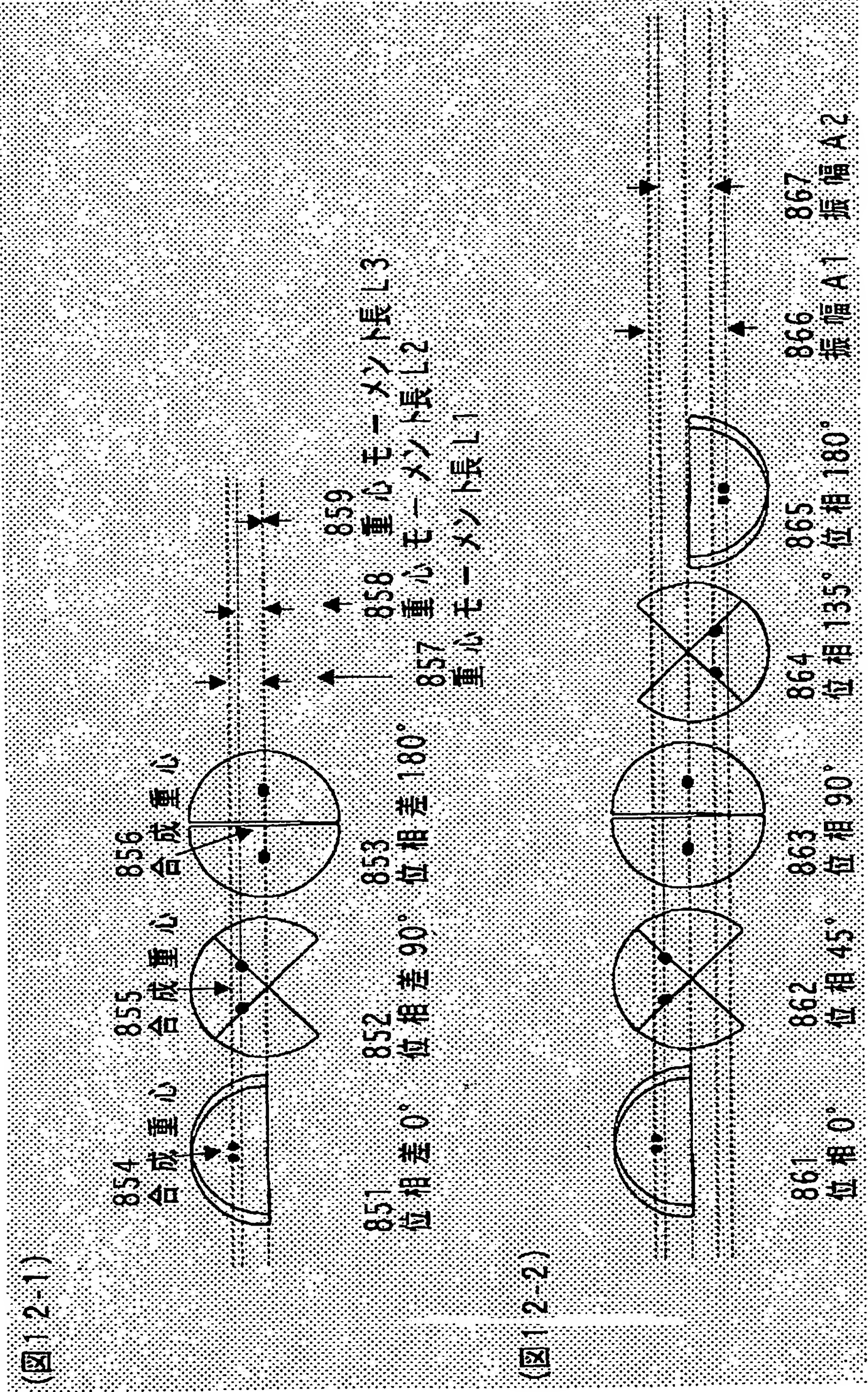
831 トルク提示用
ツイン偏心回転子の位相関係

(図 11-4)

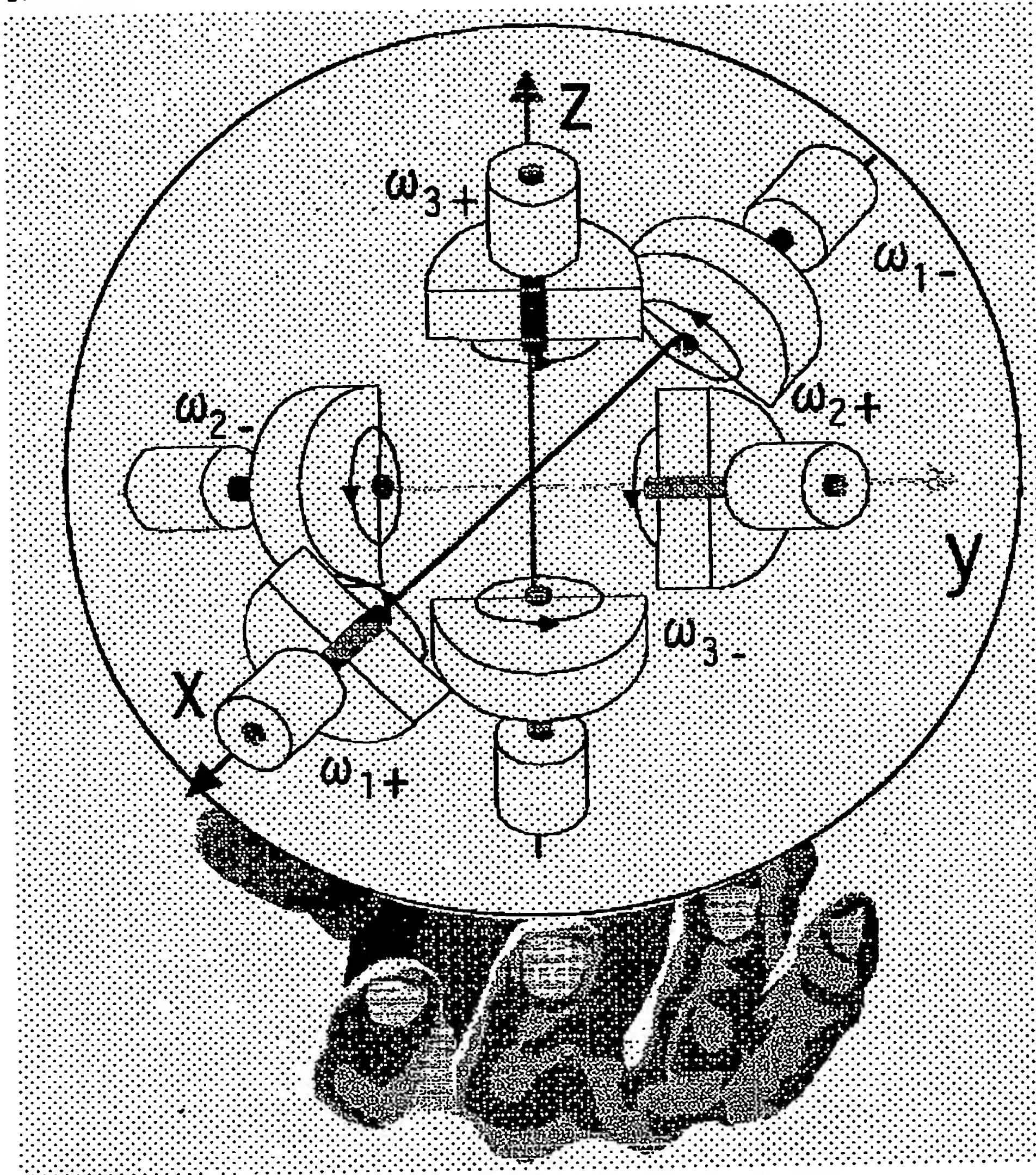


841 力提示用
ツイン偏心回転子の位相関係

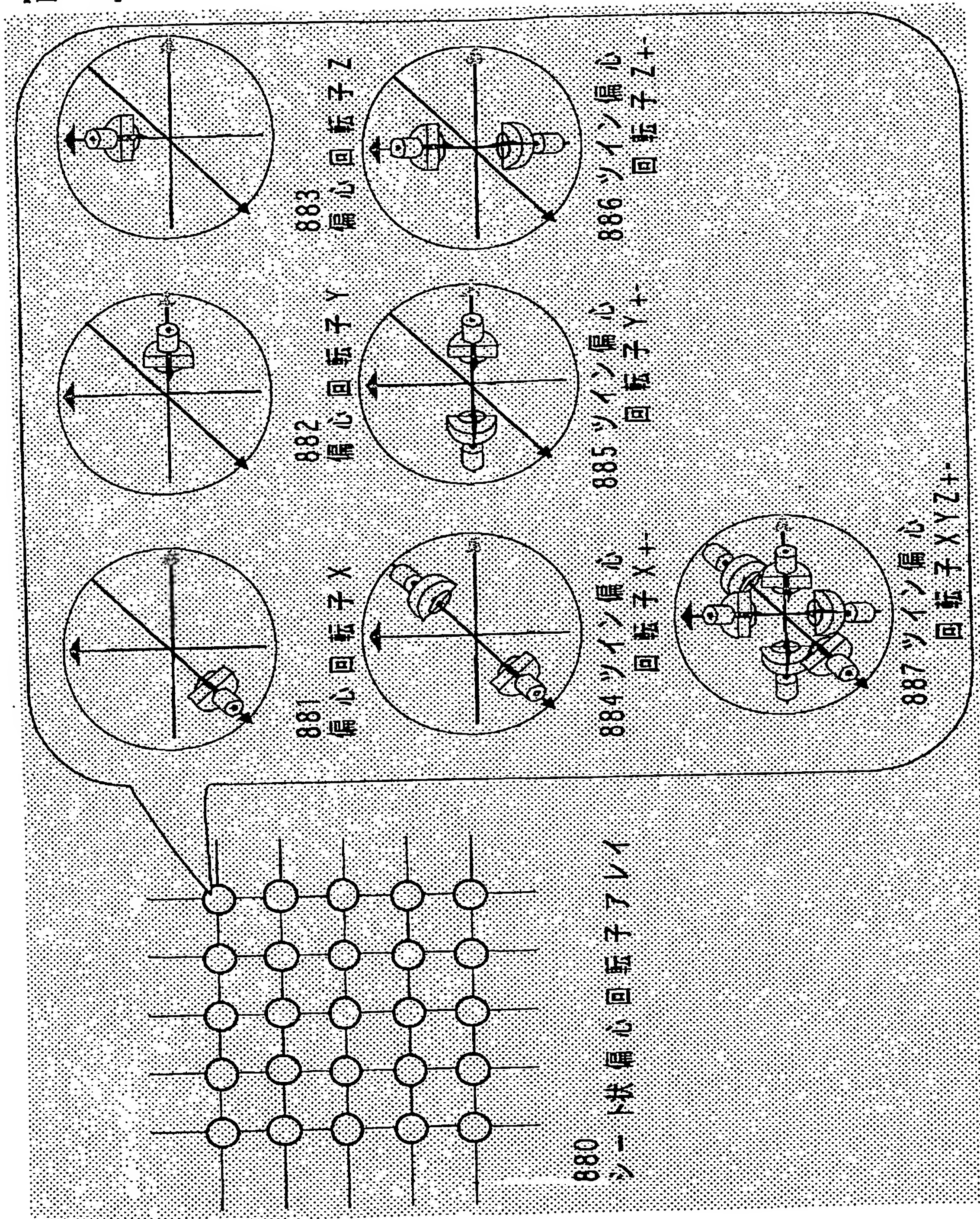
【図 12】



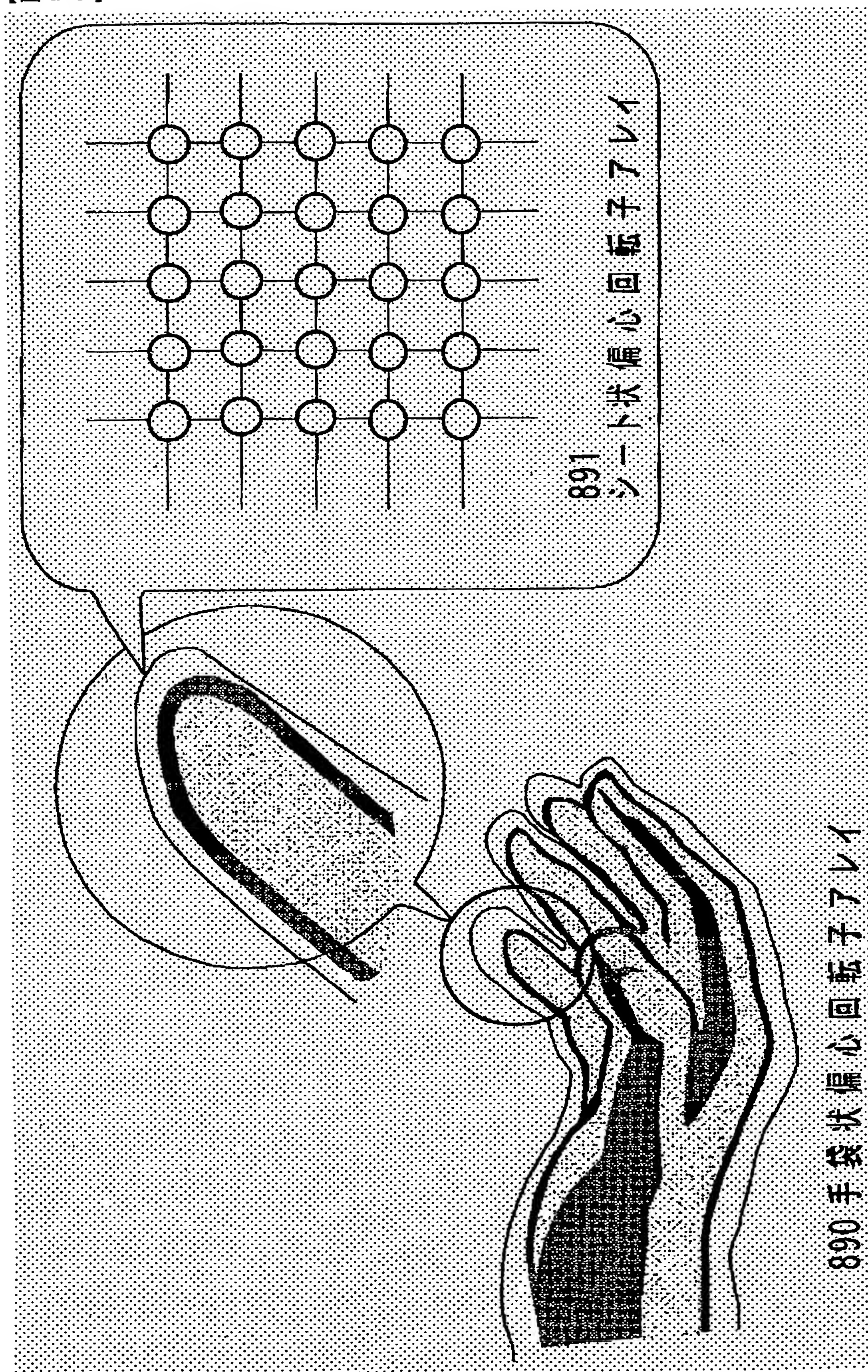
【図 13】



【図 14】

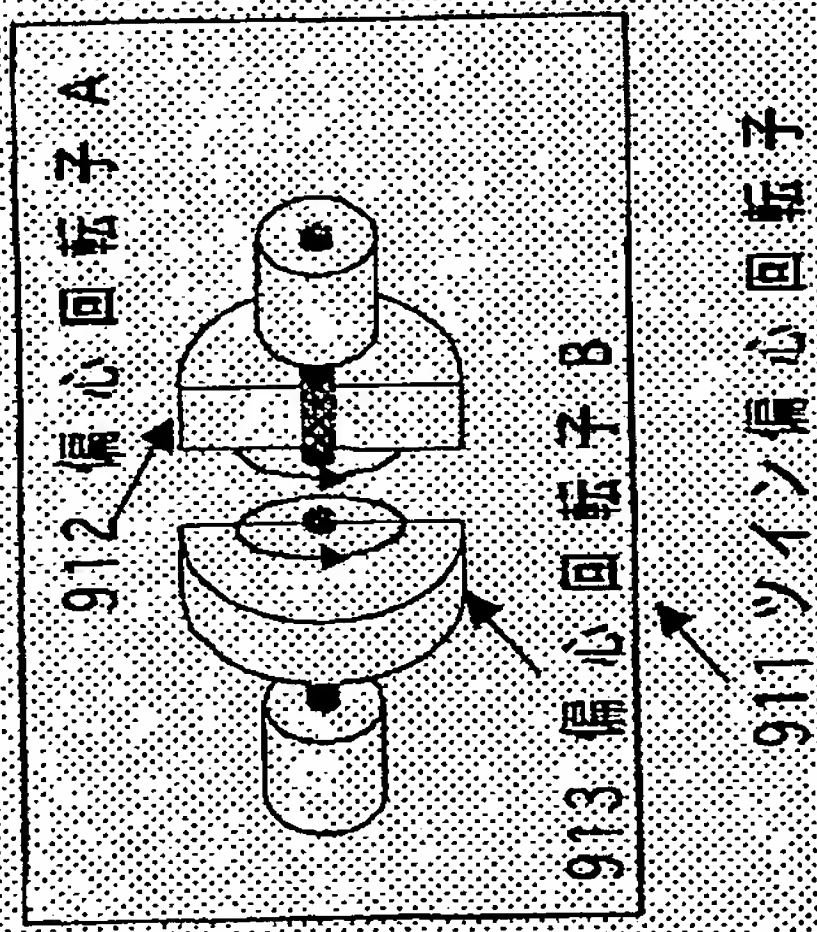


【図 15】

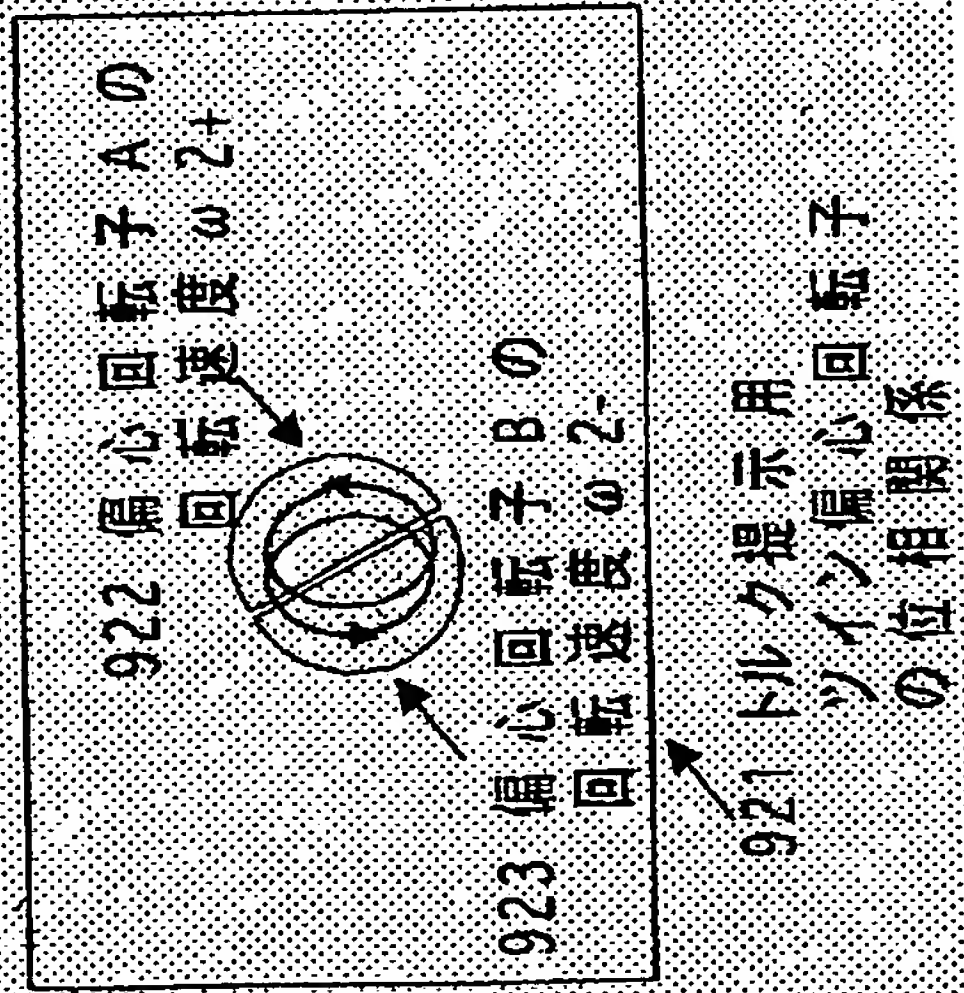


【図16】

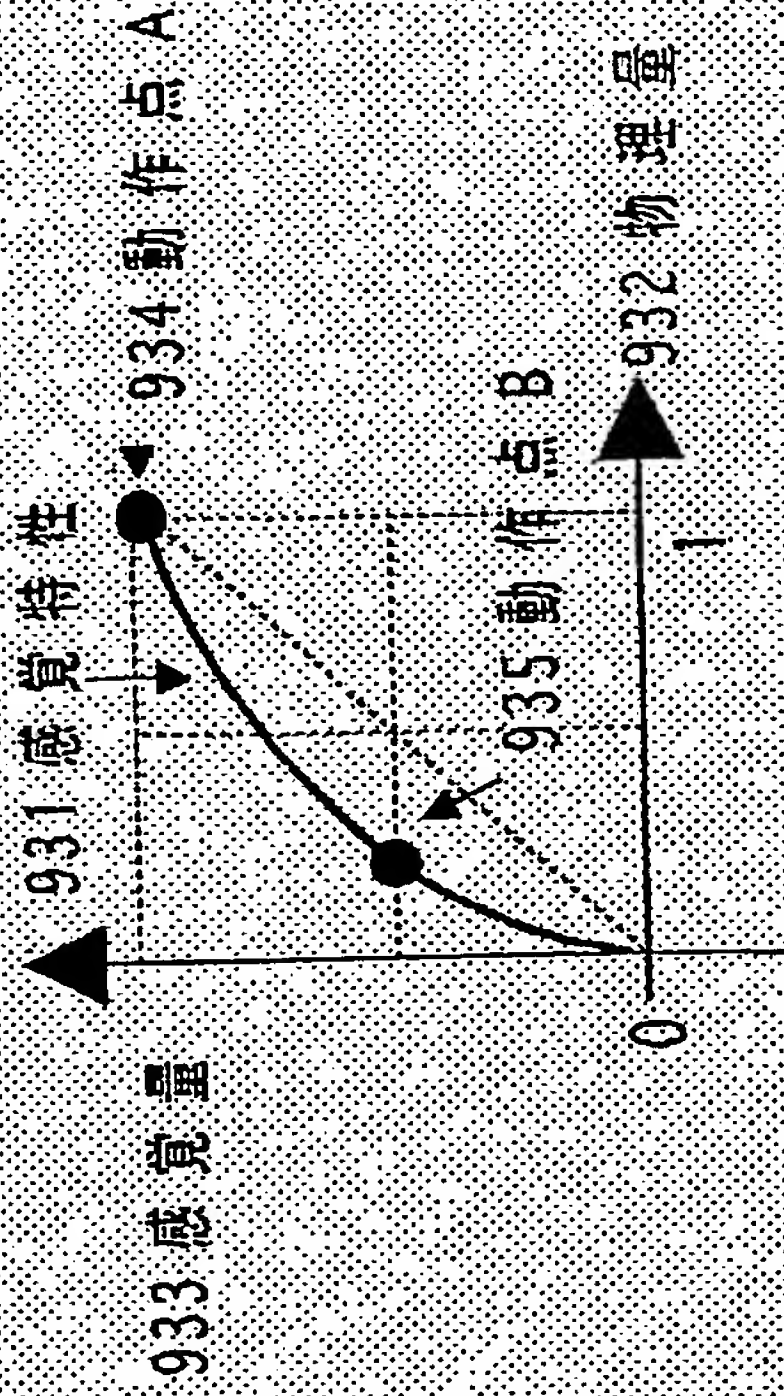
(図16-1)



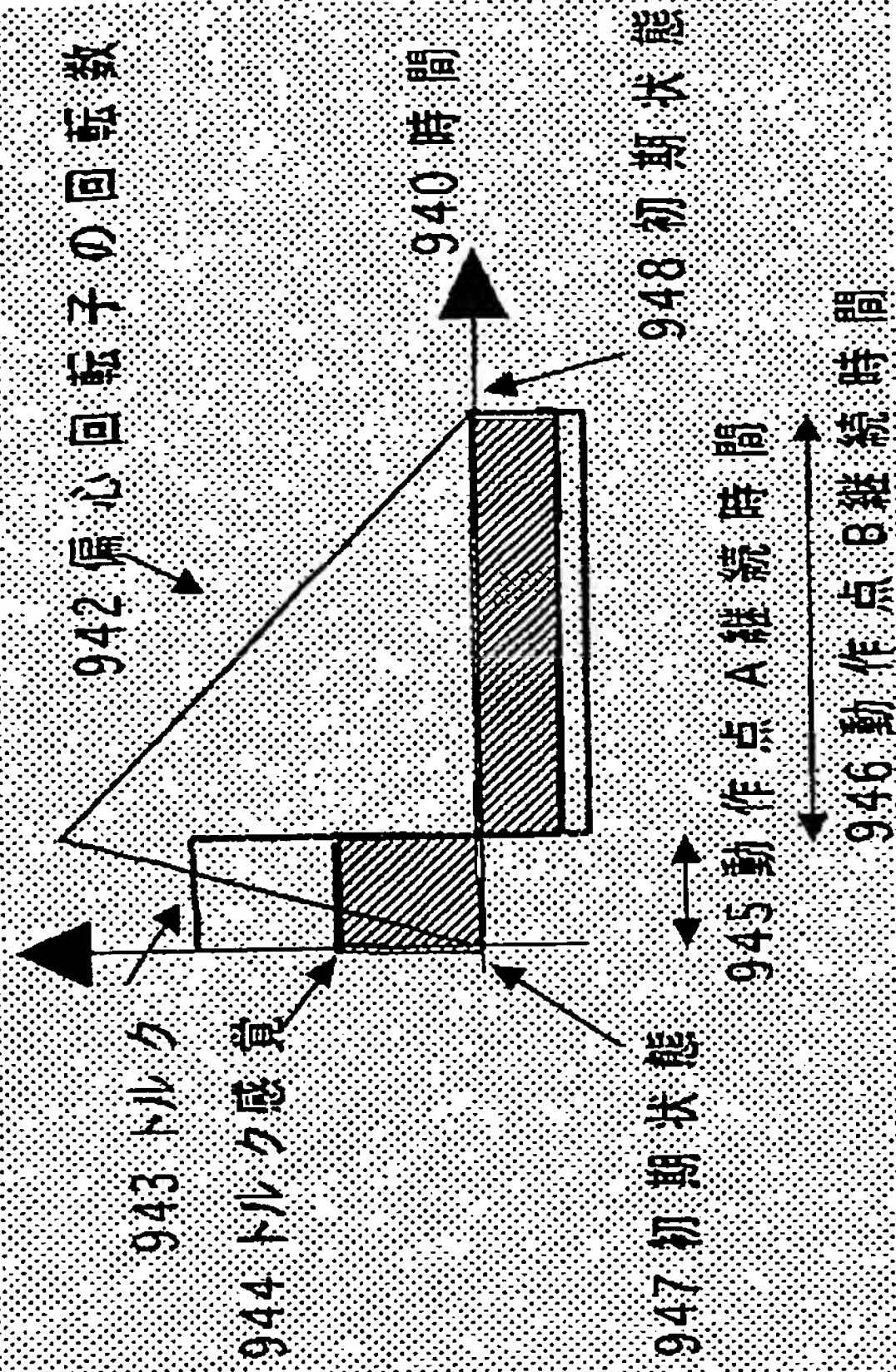
(図16-2)



(図16-3)

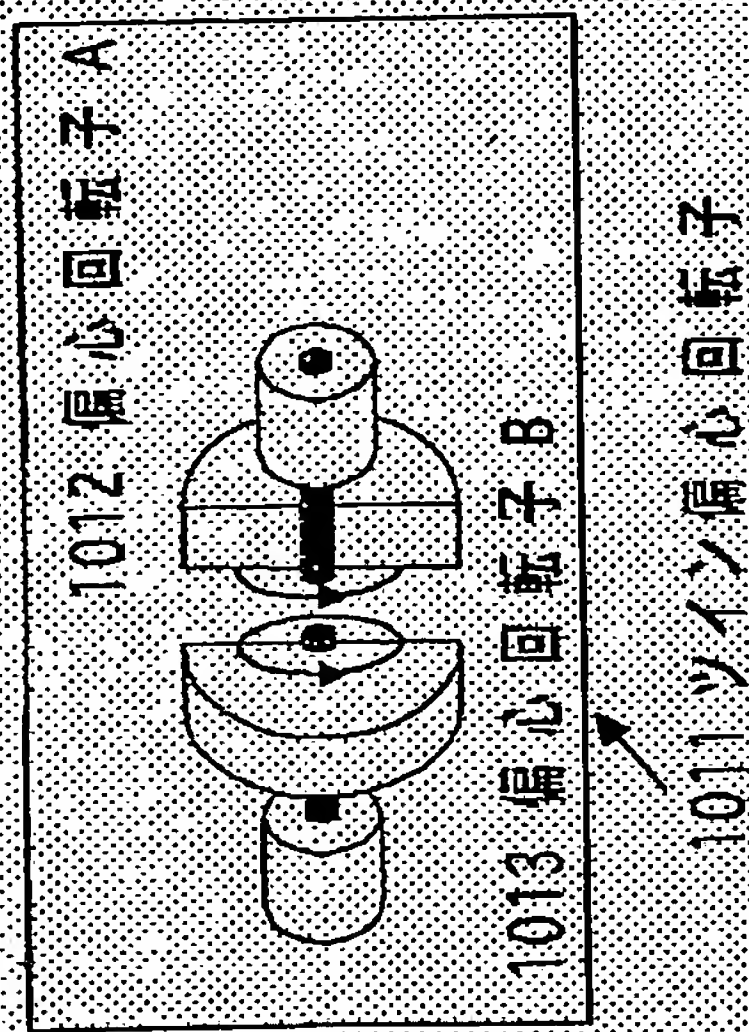


(図16-4)

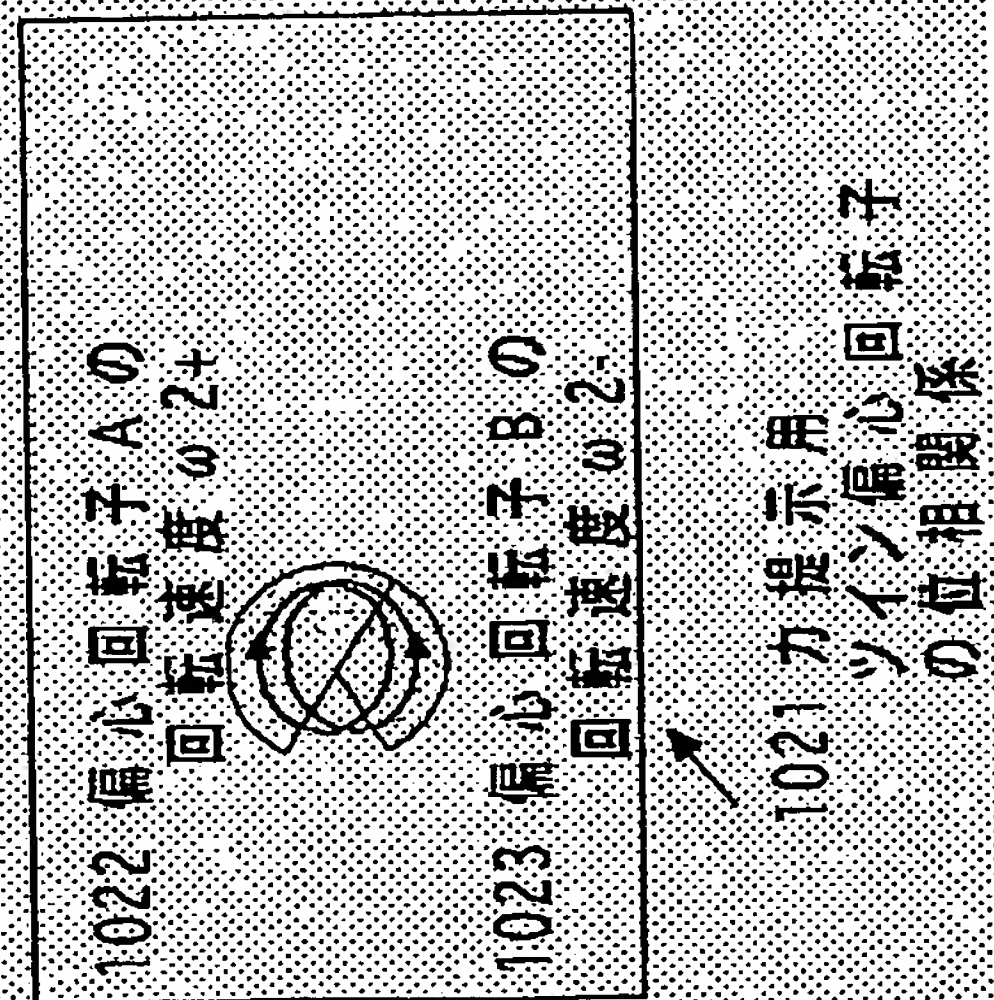


【図17】

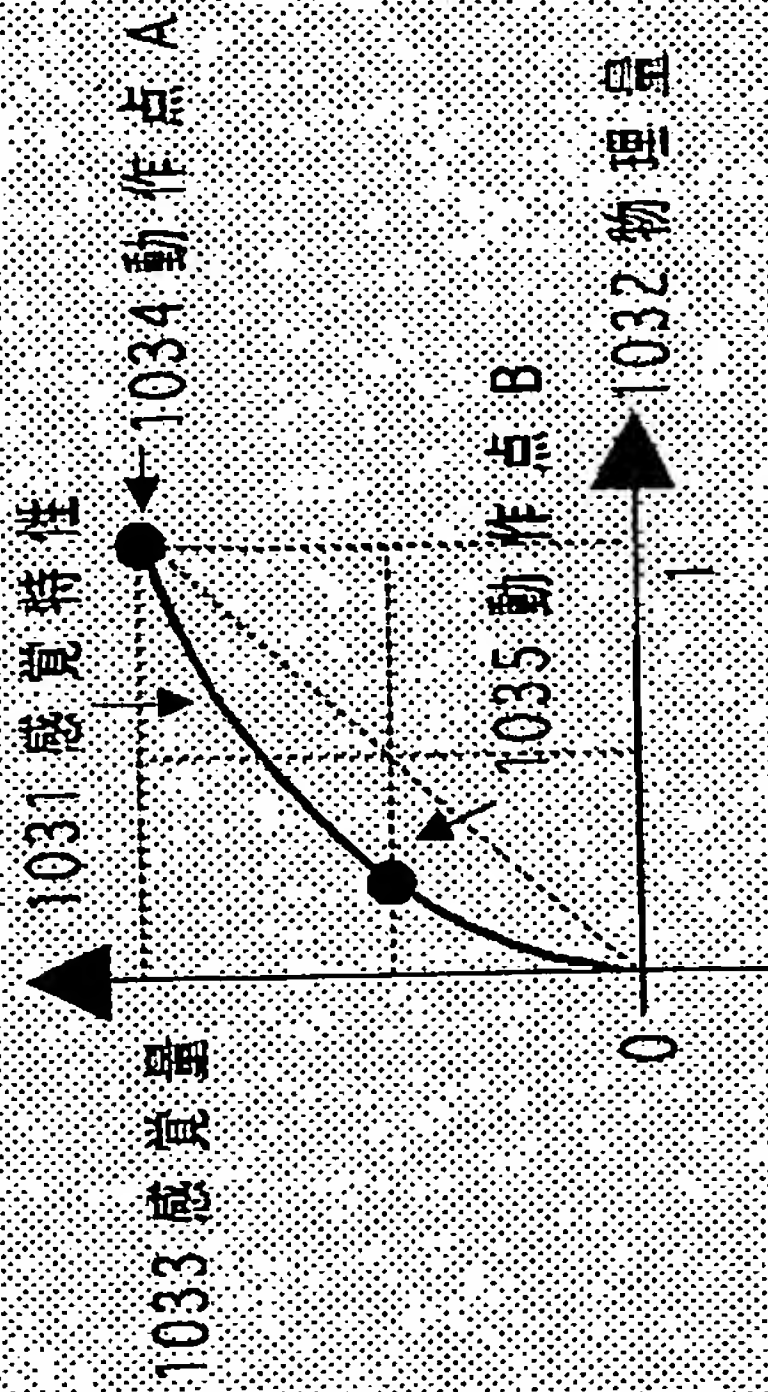
(図17-1)



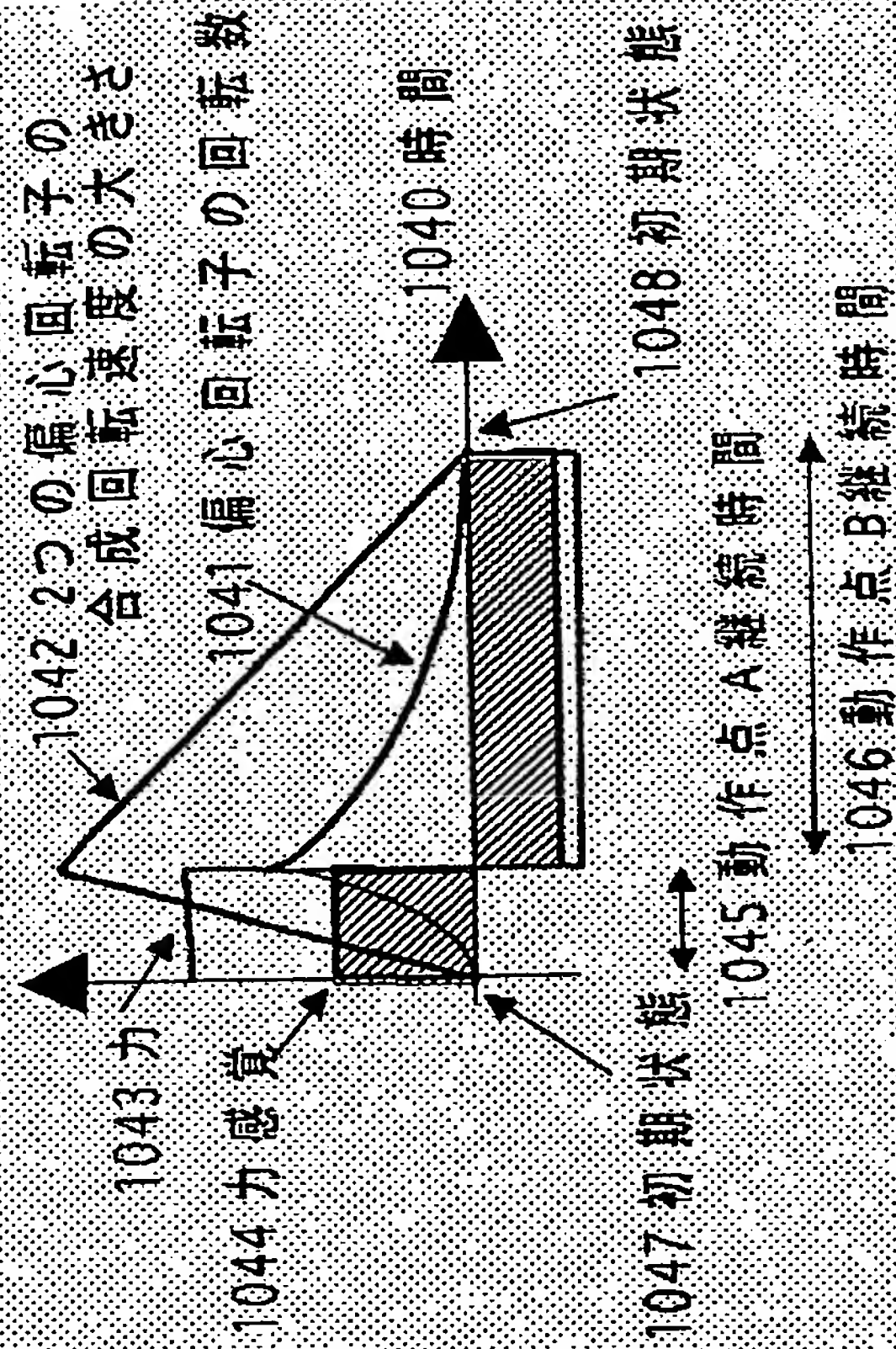
(図17-2)



(図17-3)

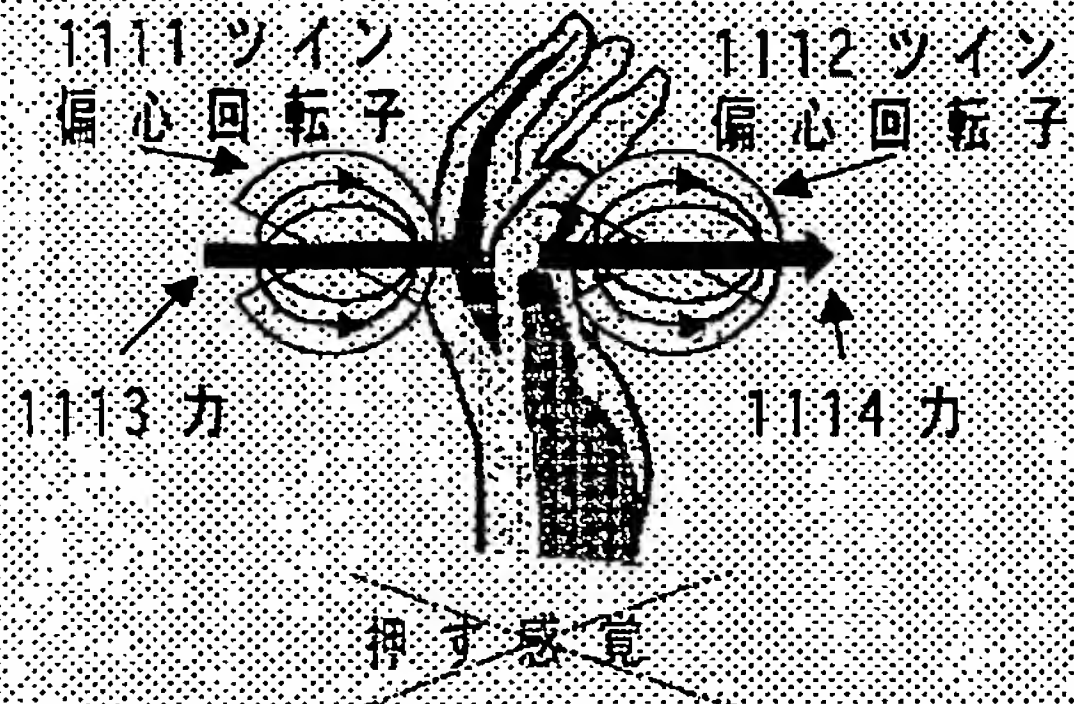


(図17-4)

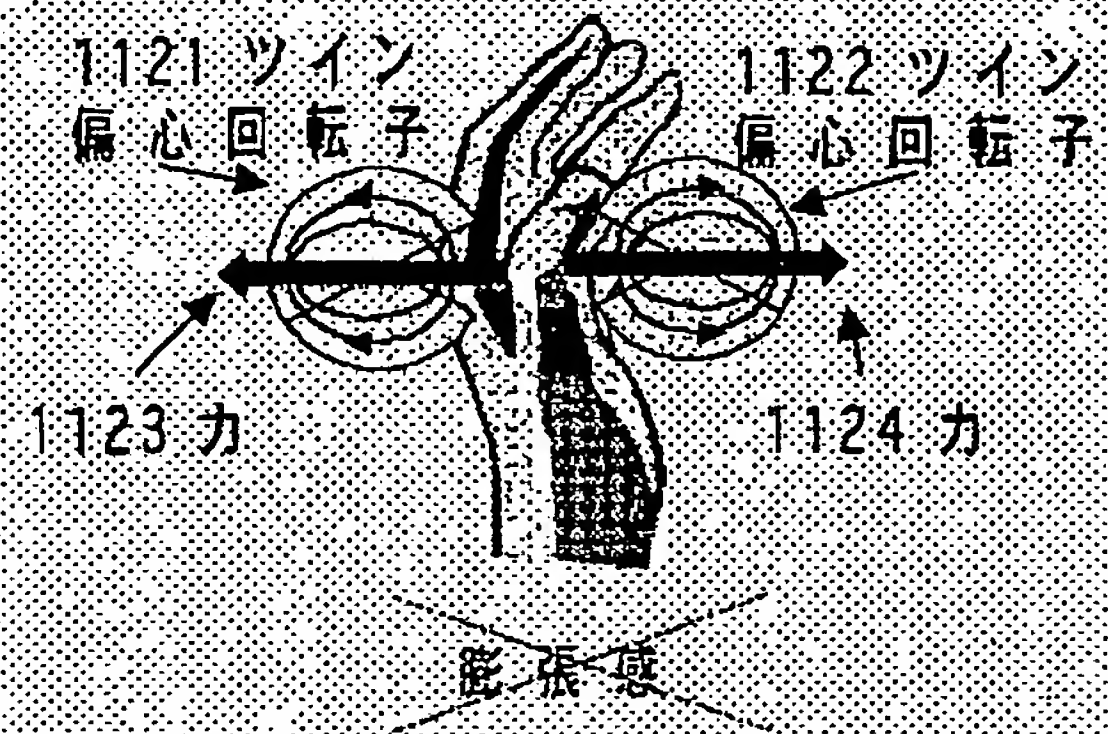


【図18】

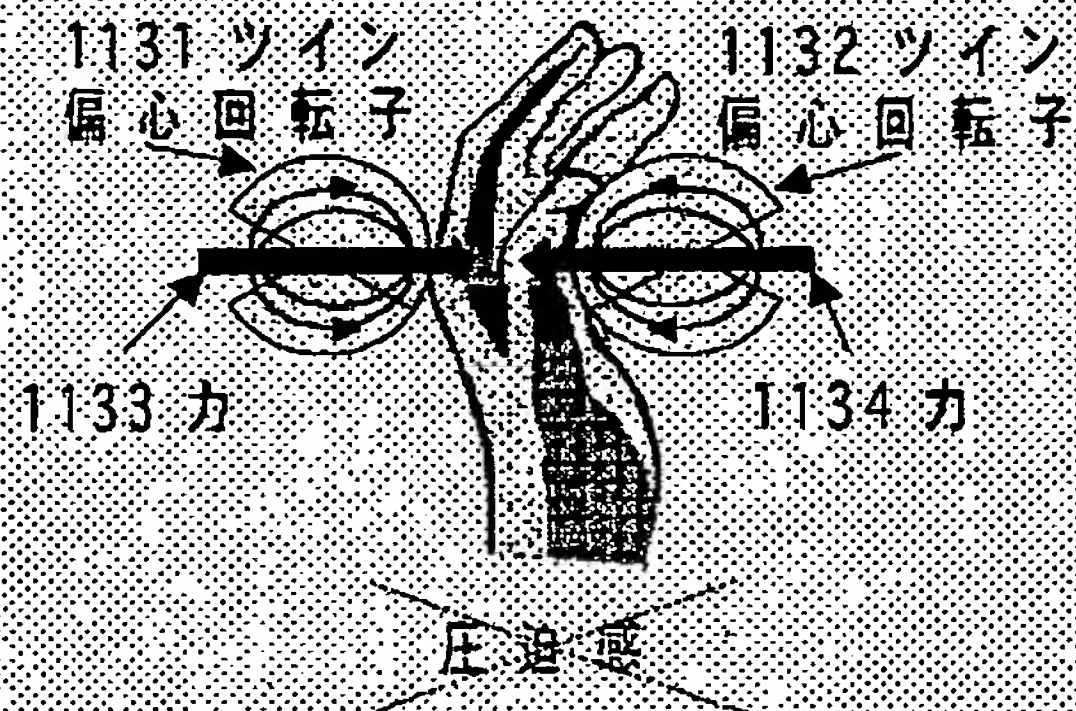
(図18-1)



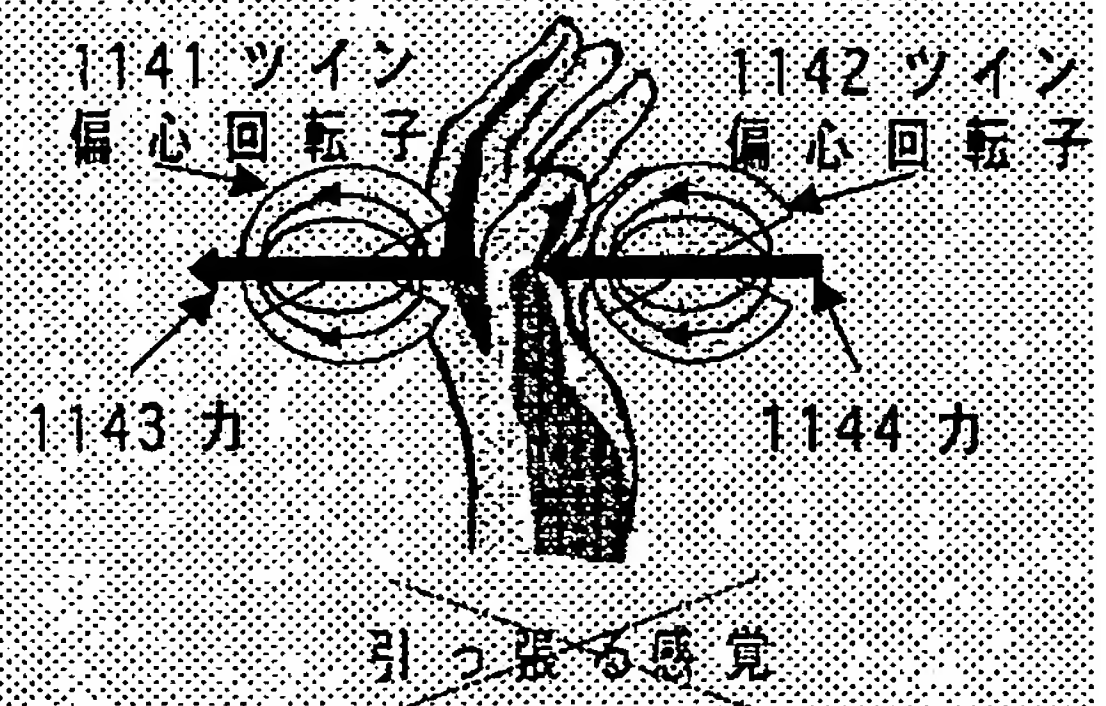
(図18-2)



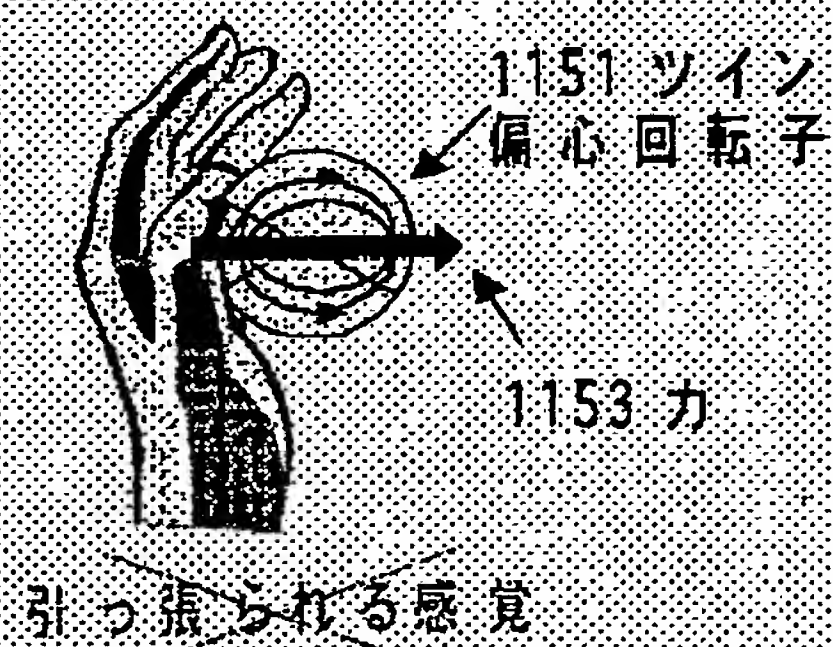
(図18-3)



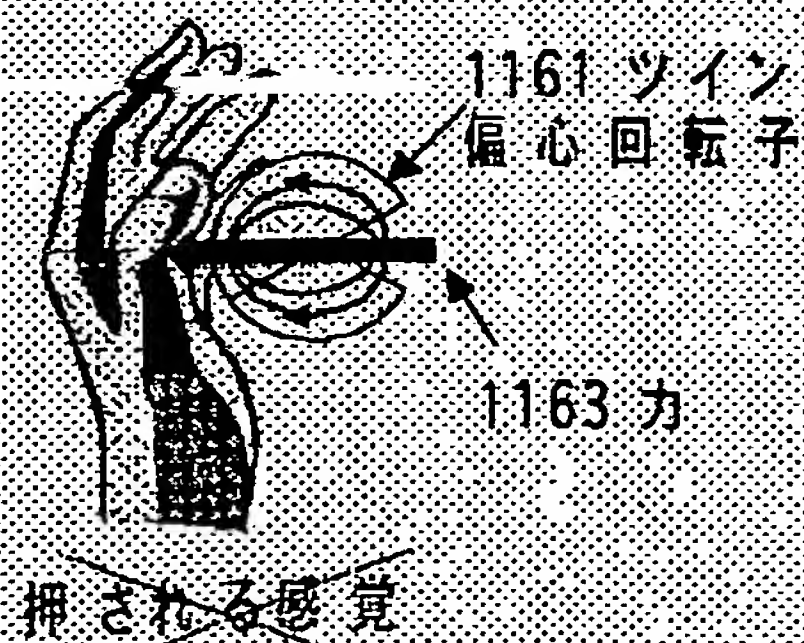
(図18-4)



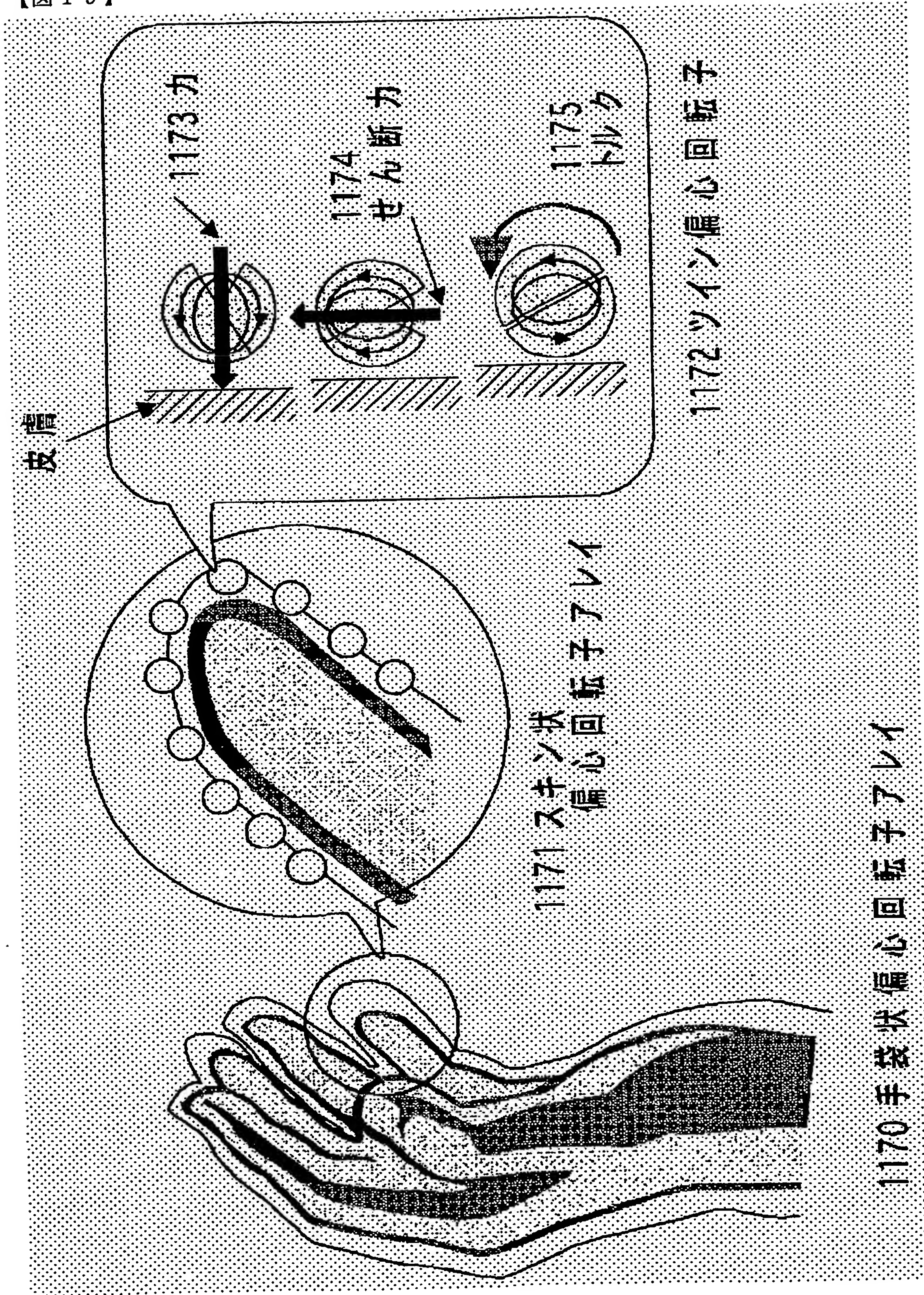
(図18-5)



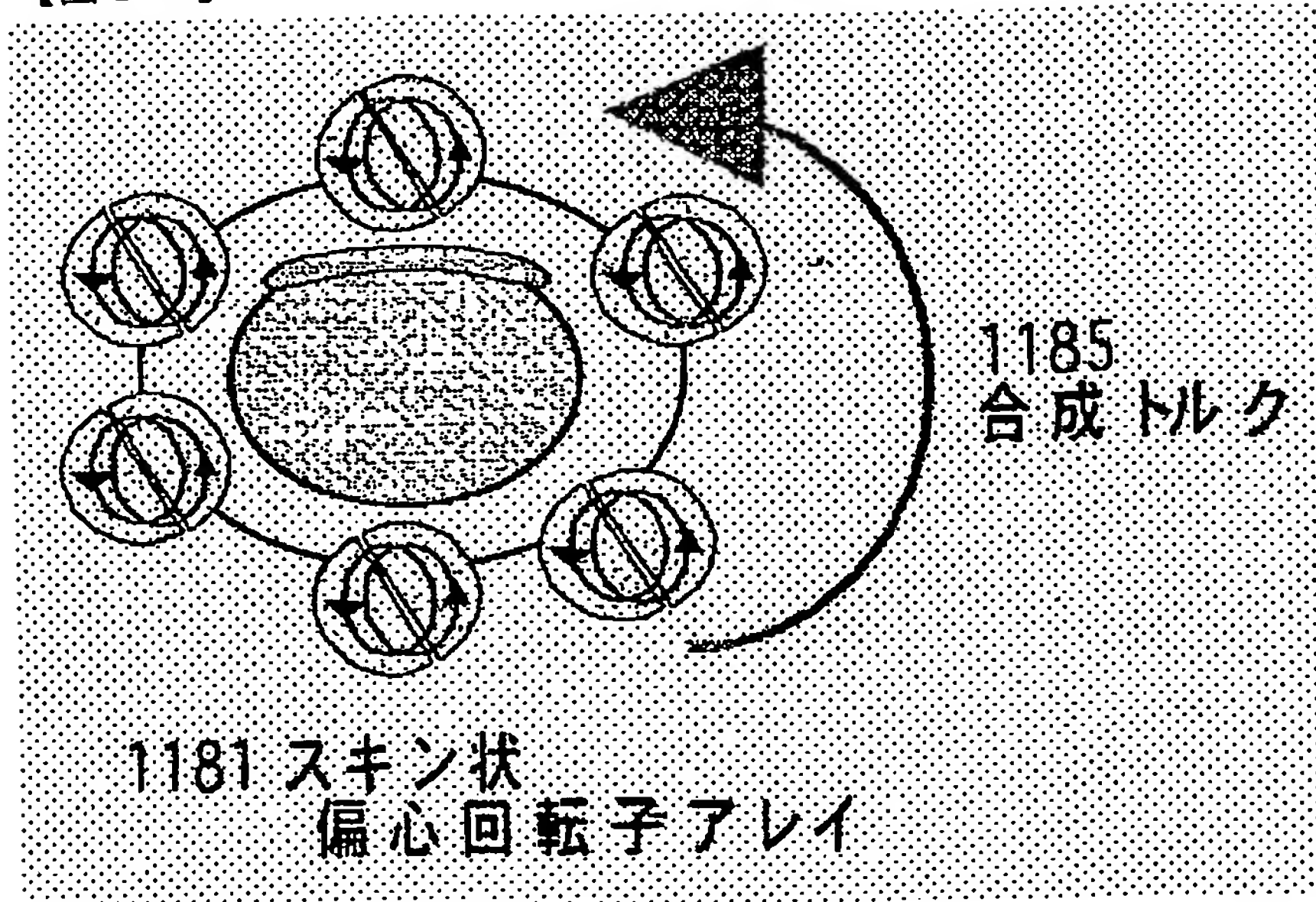
(図18-6)



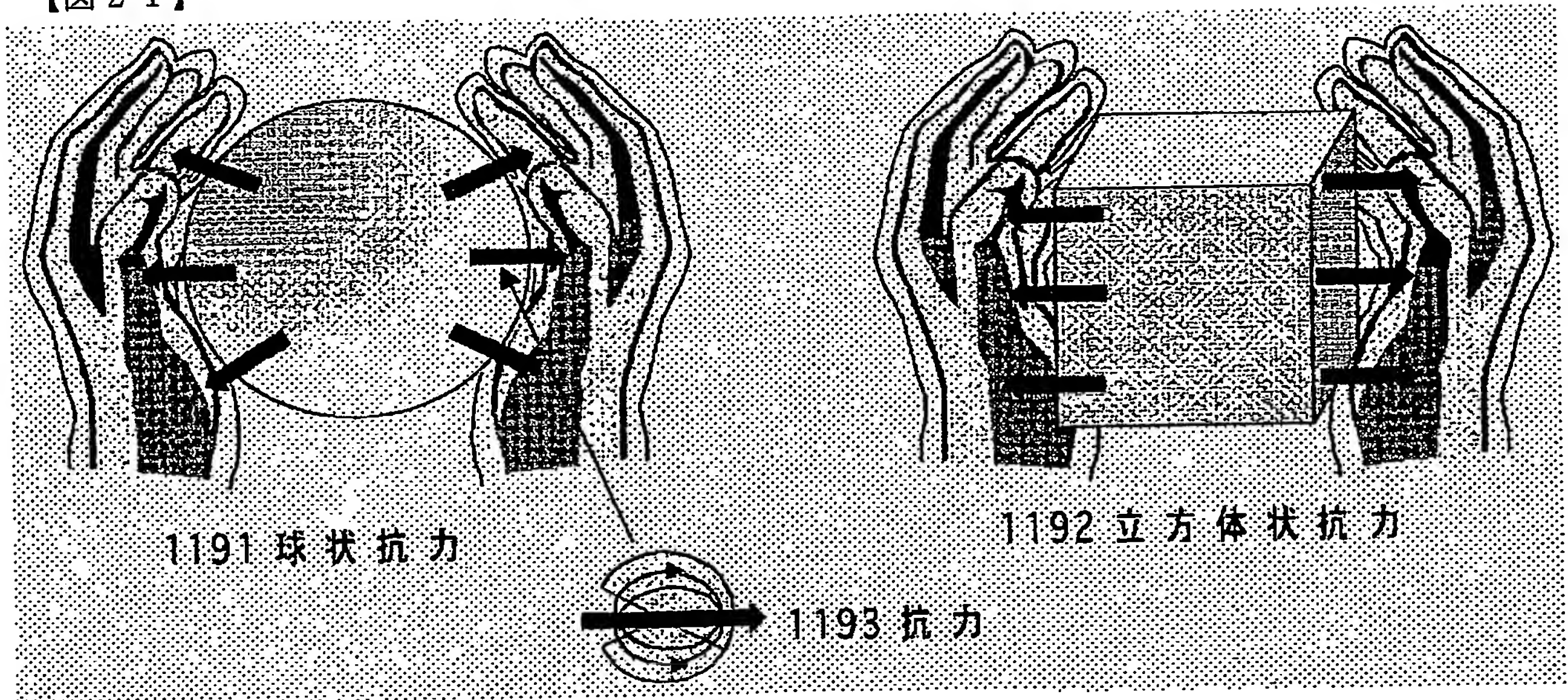
【図19】



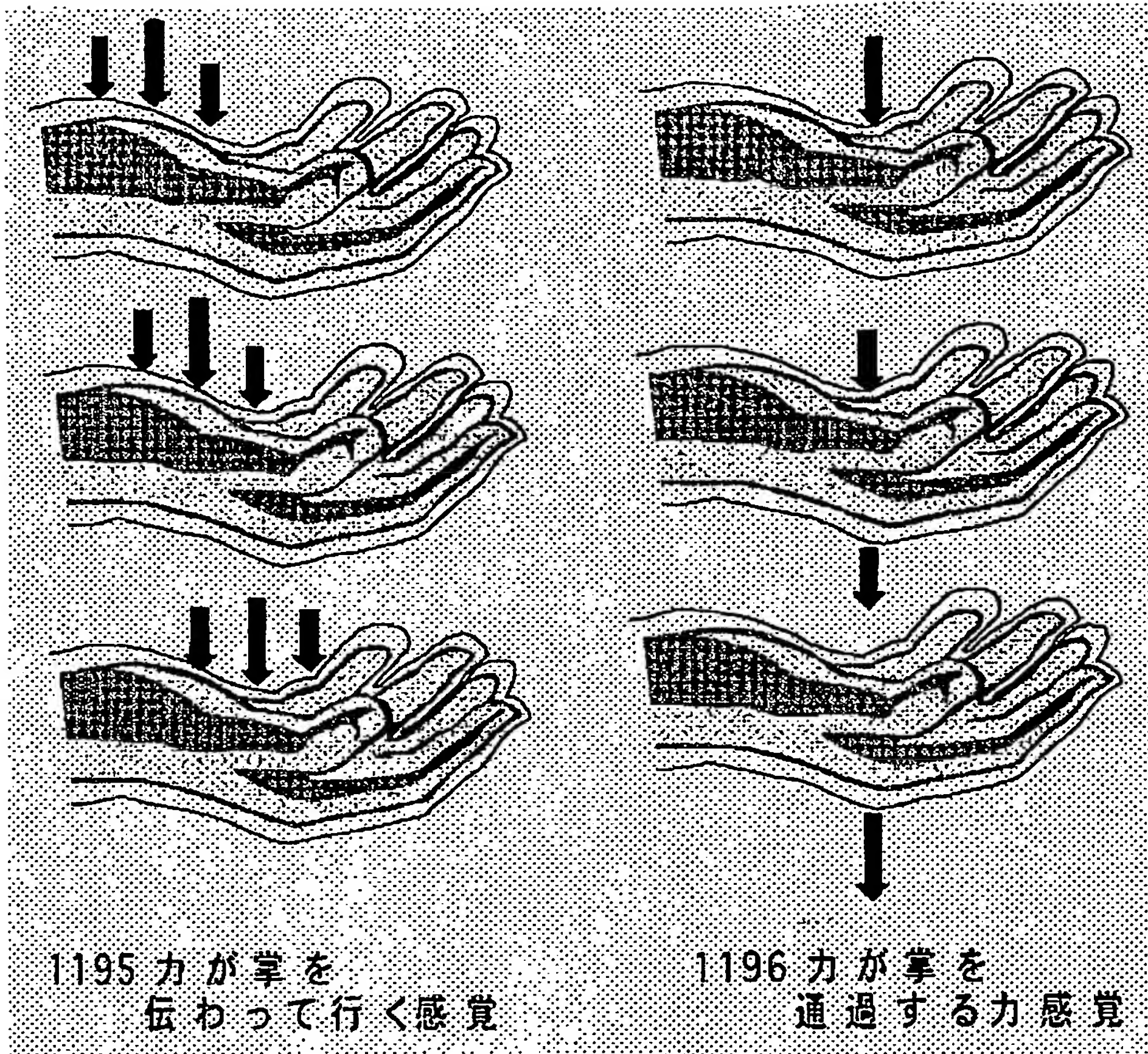
【図 20】



【図 21】

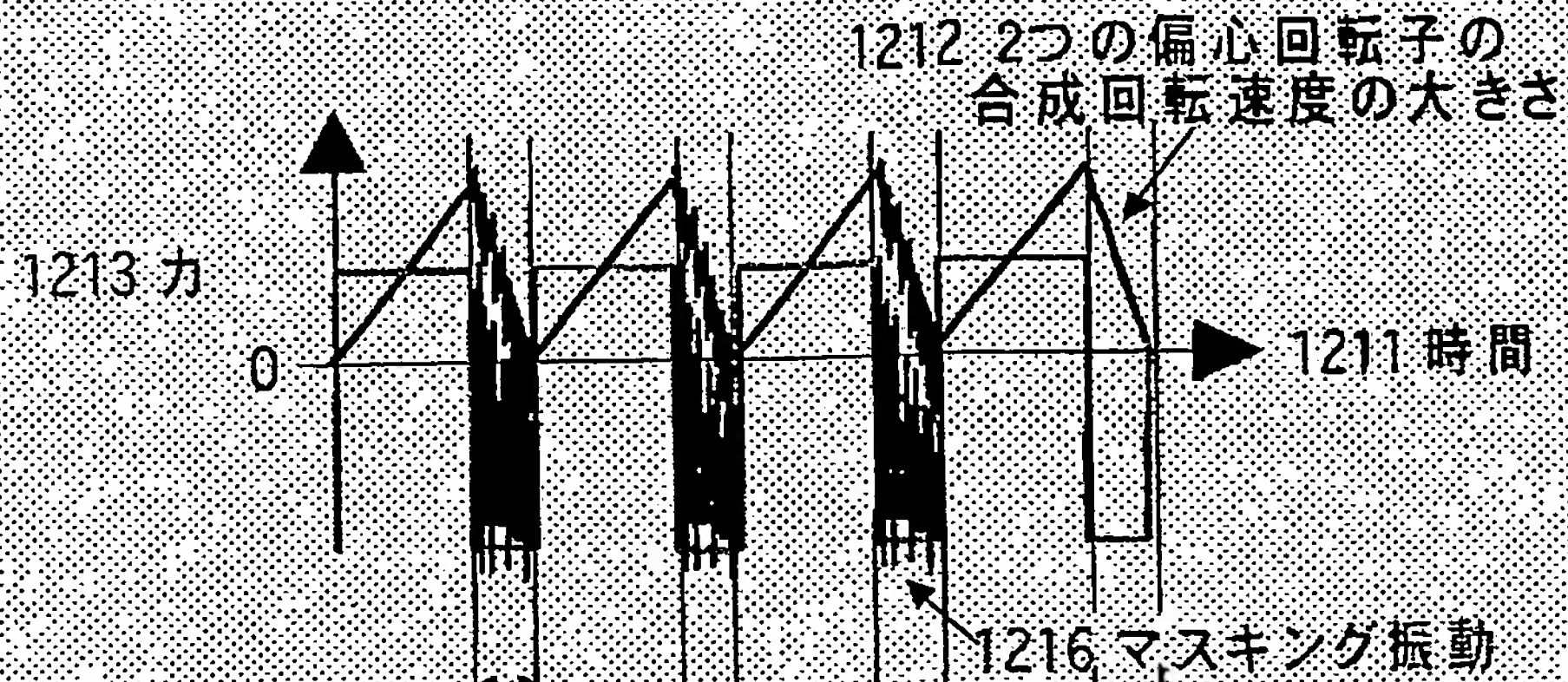


【図 22】

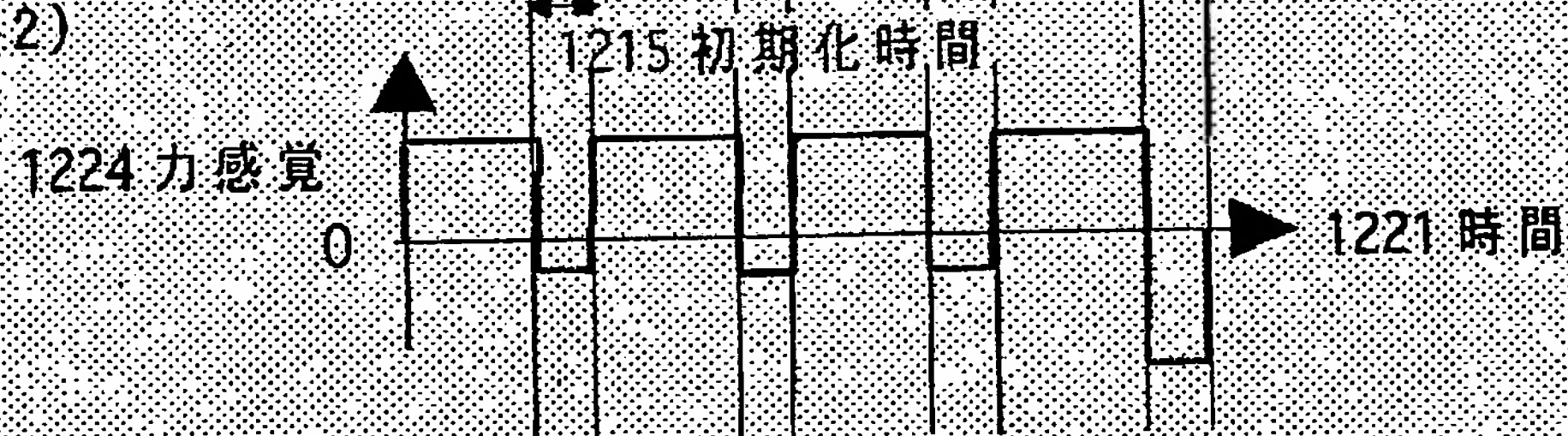


【図 23】

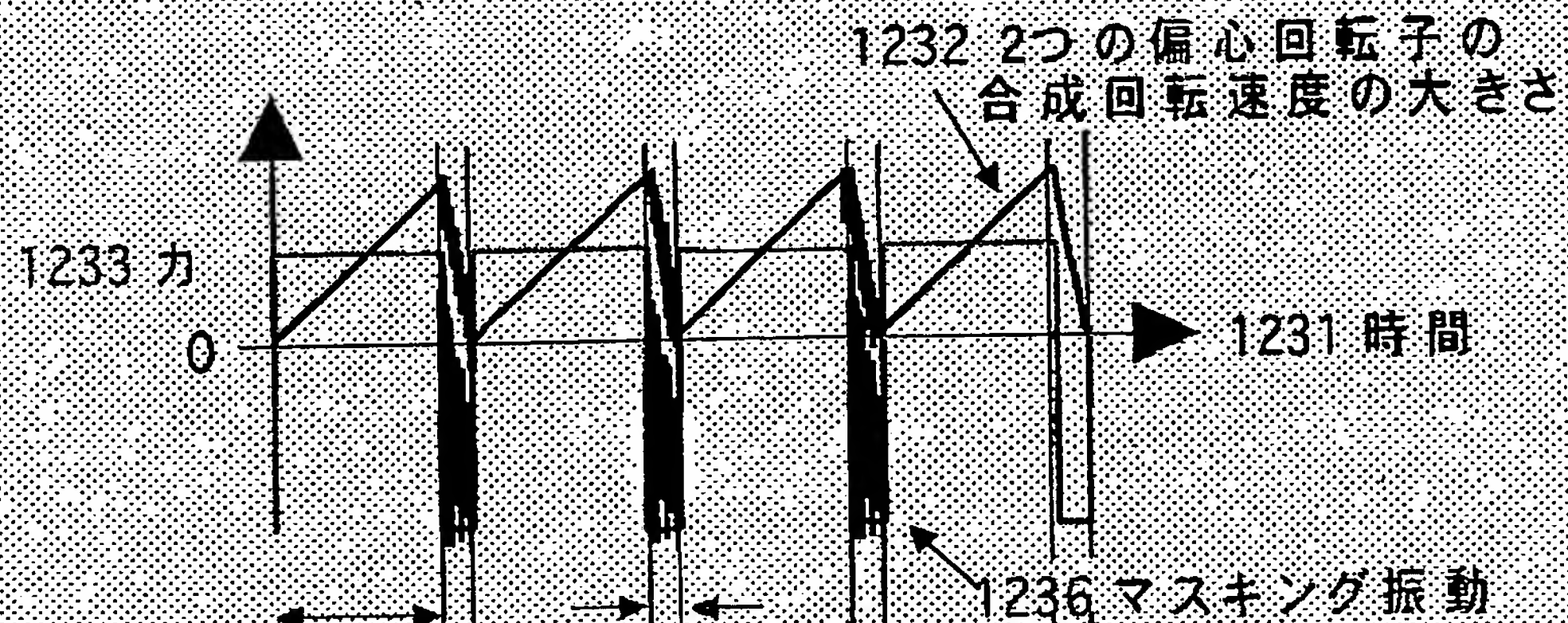
(図 23-1)



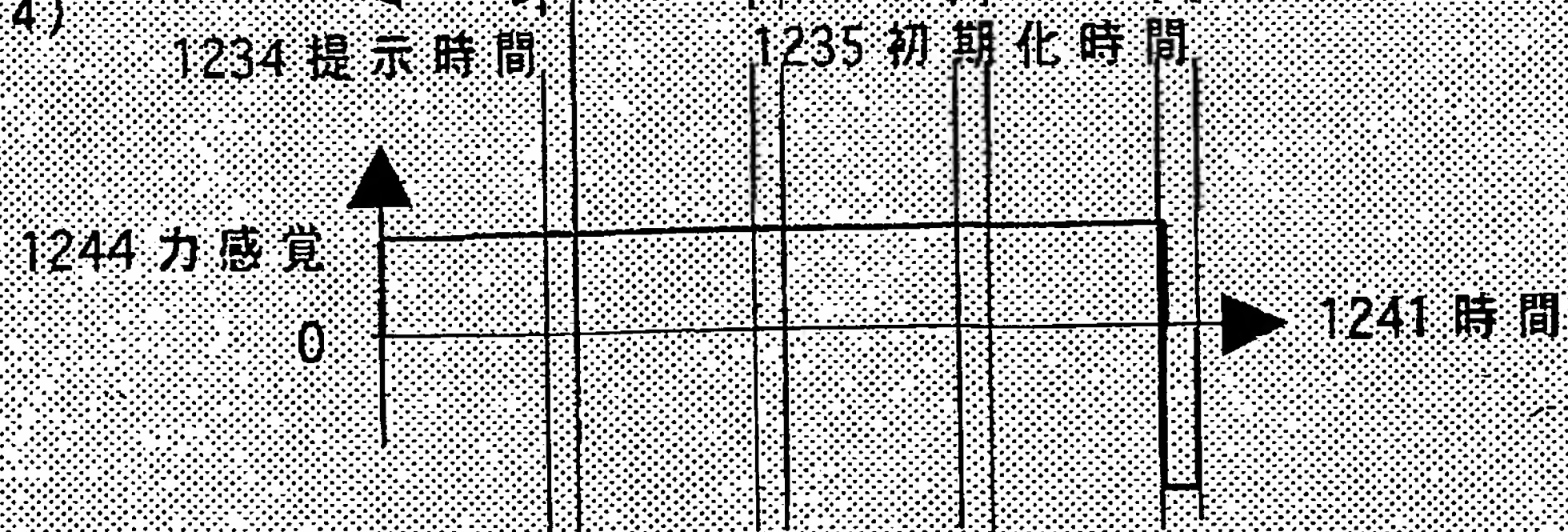
(図 23-2)



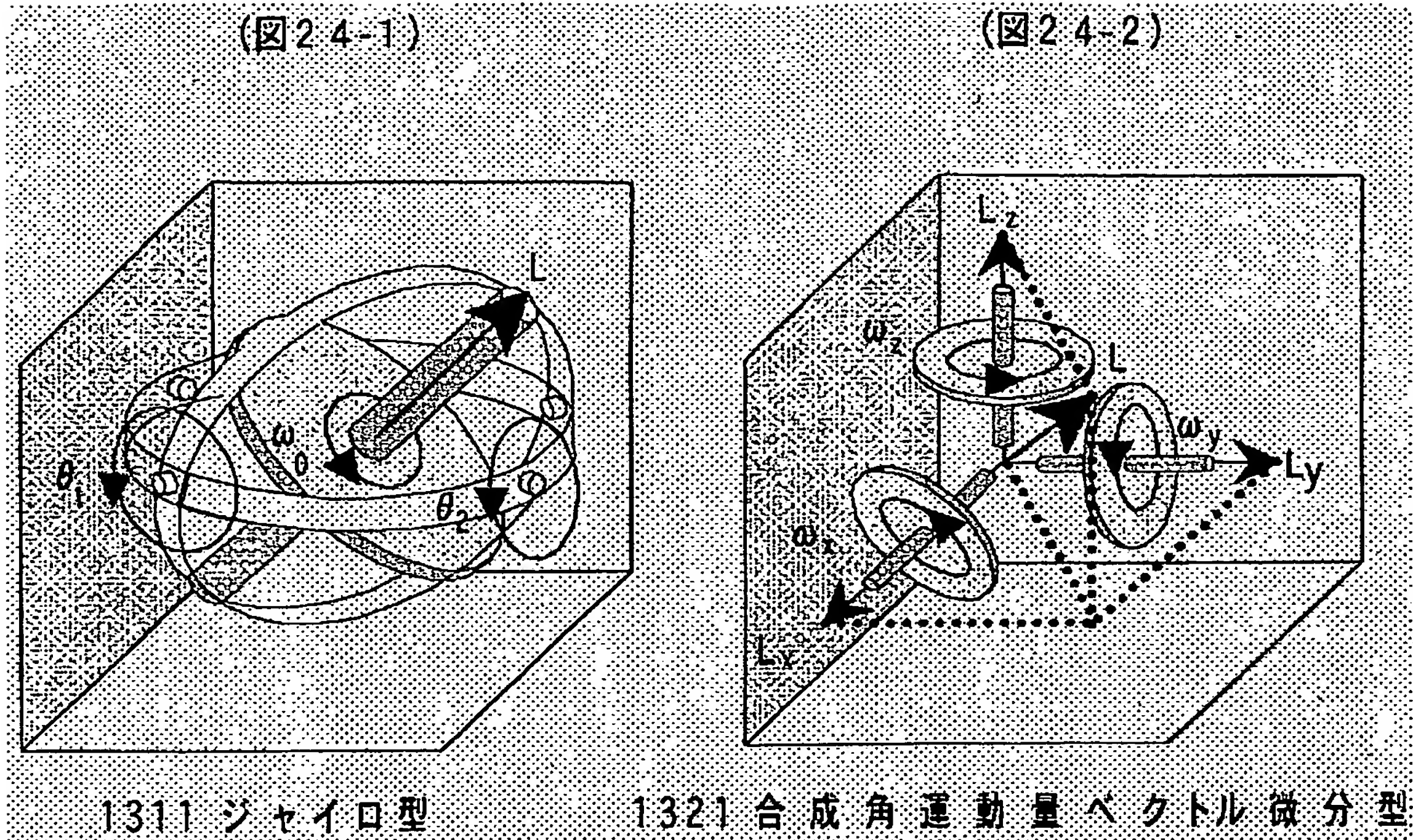
(図 23-3)



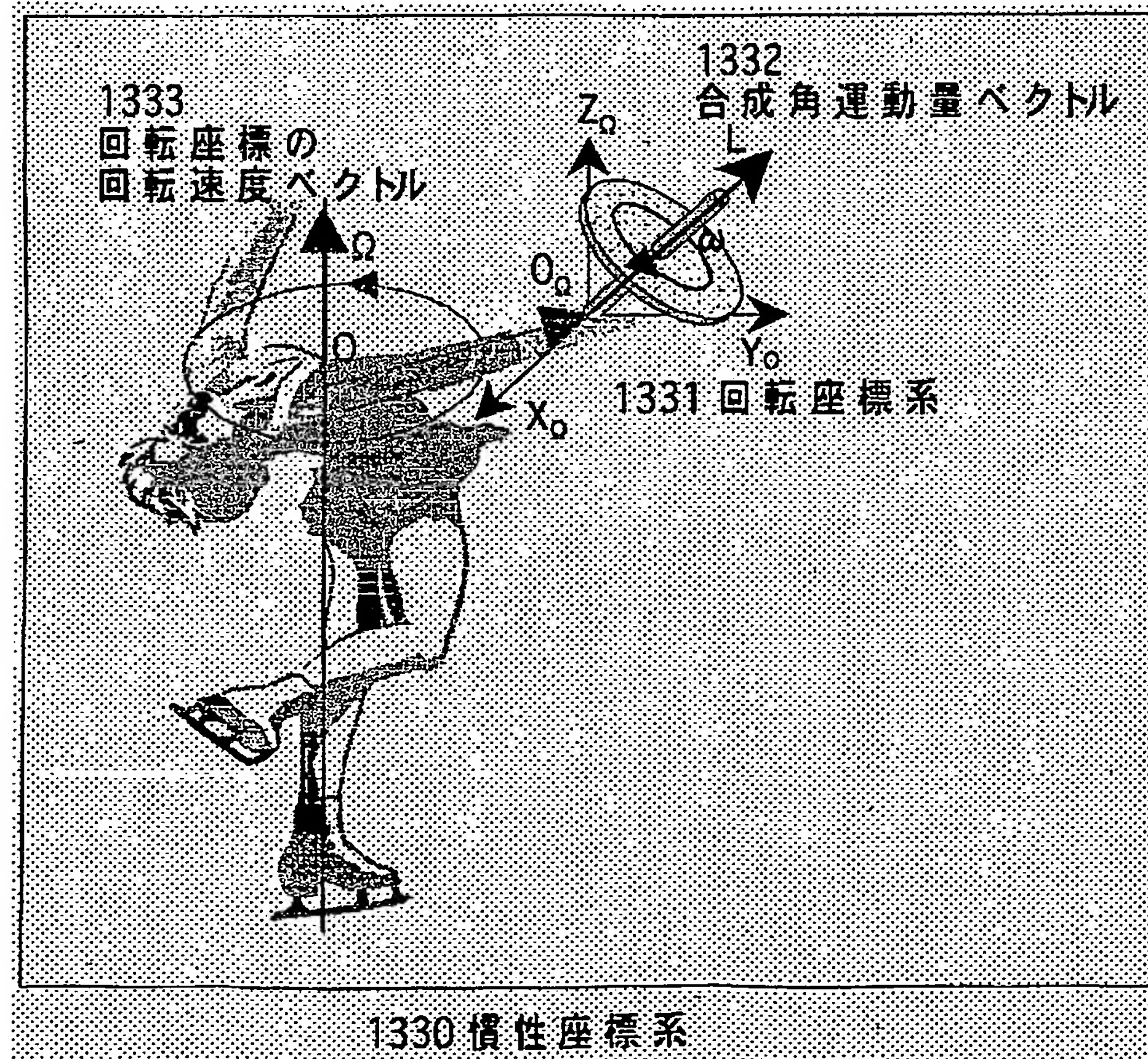
(図 23-4)



【図 24】

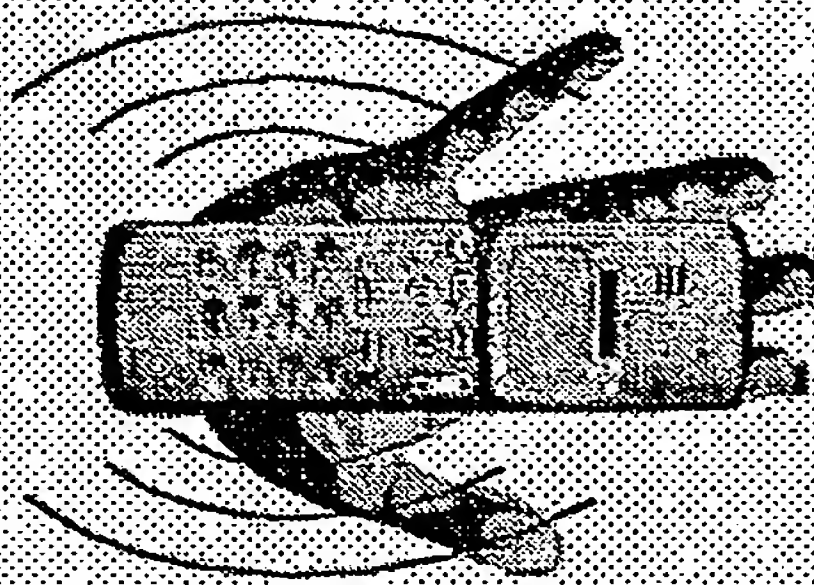


【図 25】



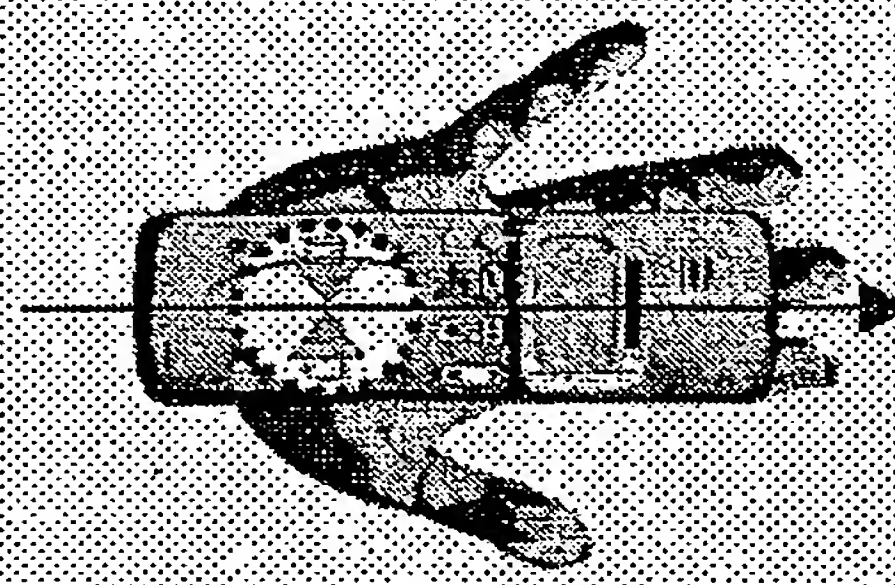
【図 26】

(図 26-1)



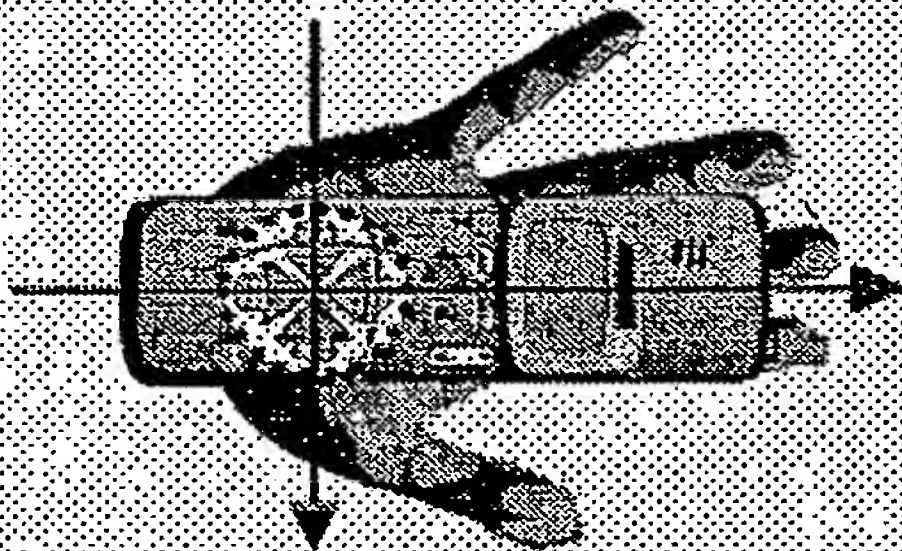
1341 バイブレーション

(図 26-2)



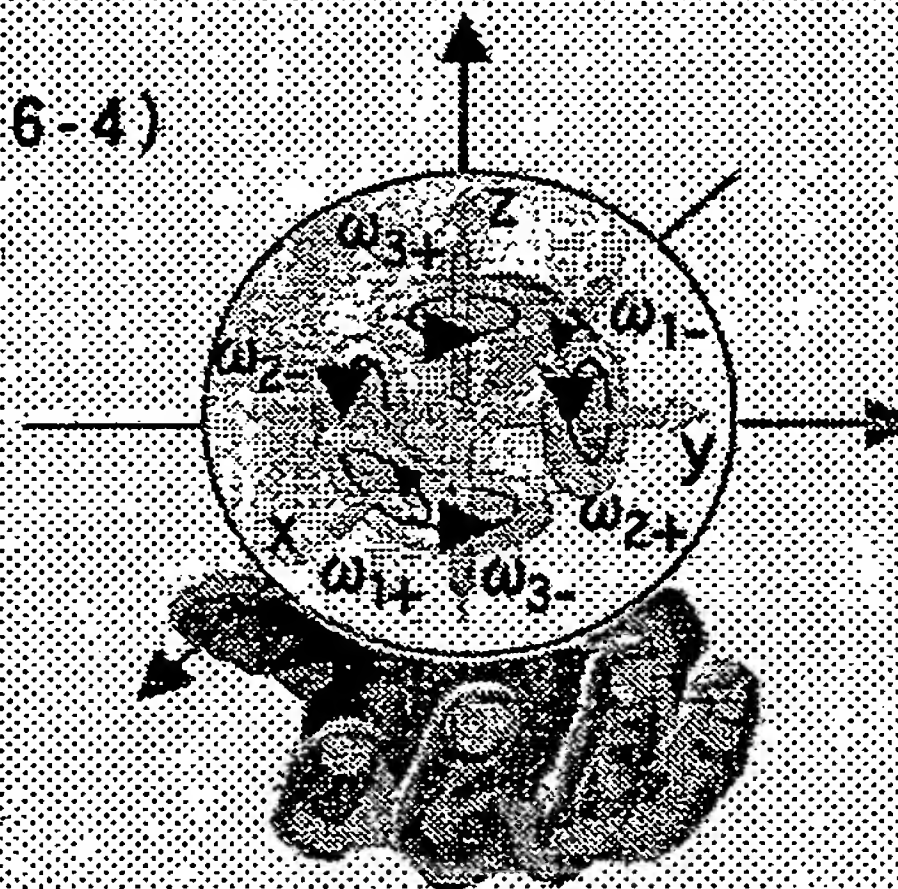
1342 1次元トルク提示

(図 26-3)



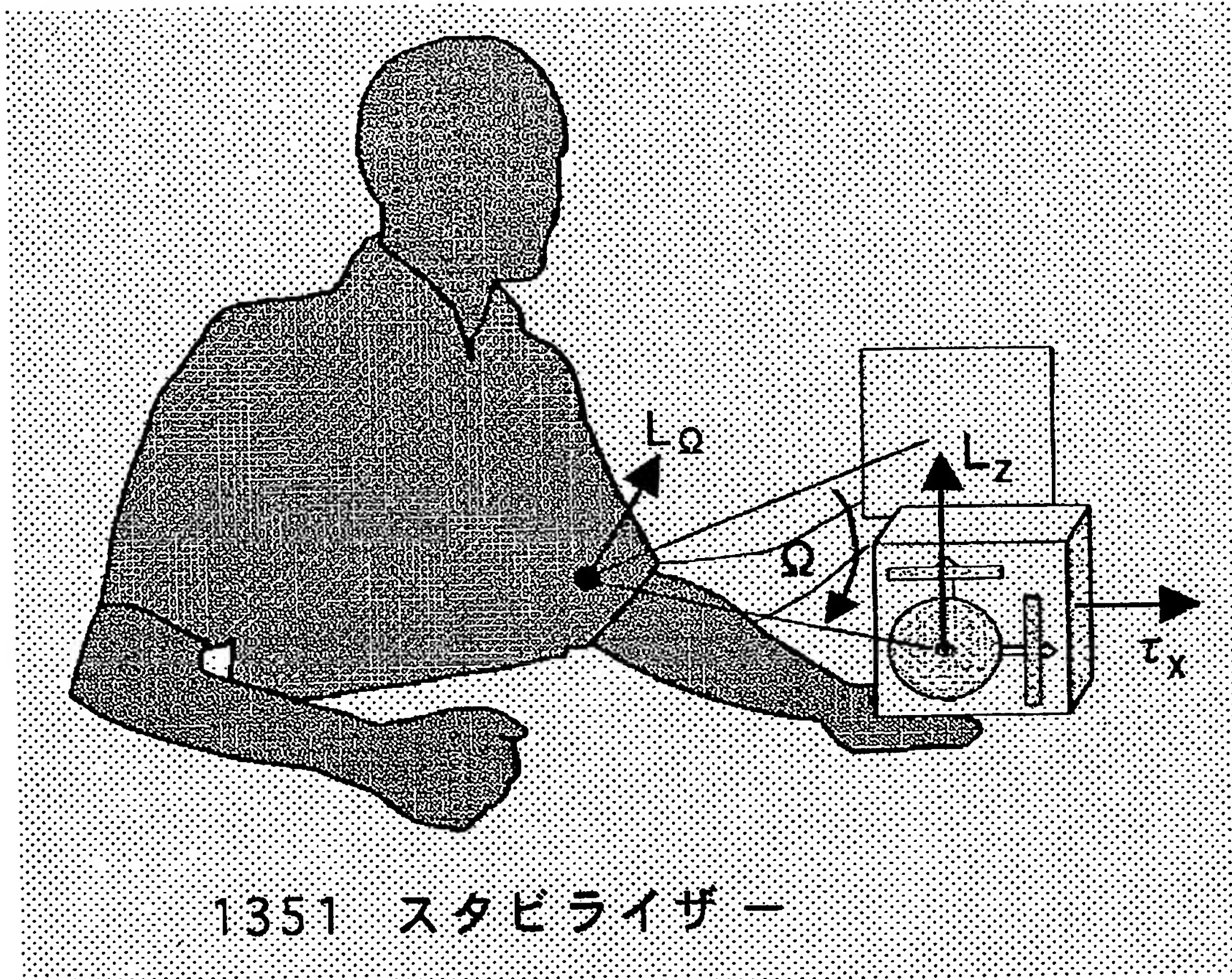
1343 2次元トルク提示

(図 26-4)



1344 3次元トルク提示

【図 27】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 人に仮想物体の存在や衝突の衝撃力を与える従来の非接地型で身体内にベースがないマンマシンインターフェイスにおいて、触力覚感覚提示機の物理的特性だけでは提示し得ない、同一方向にトルクおよび力などの触力覚感覚を連続的に提示できる装置および方法を実現する。

【解決手段】 触力覚提示機 1 1 2 は、制御装置 1 1 1 により、触力覚提示機 1 1 2 中の 1 個以上からなる回転子の回転速度が制御され、その物理特性である振動、力、トルクが制御されことによって、ユーザ 1 1 0 にその振動、力、トルクなどの様々な触力覚情報を知覚させる。この触力覚情報提示装置は、人間の感覚特性、もしくは錯覚を利用して適切に物理量を制御することにより、物理的には存在し得ない力、もしくは触力覚的感覚物理特性を人に体感させる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3－4 0 2 8 9 2
受付番号	5 0 3 0 1 9 8 5 7 4 2
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0 0 9 6
作成日	平成 1 5 年 1 2 月 3 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年12月 2日

特願 2 0 0 3 - 4 0 2 8 9 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 1 0 2 1 5 3 3]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1

氏 名

独立行政法人産業技術総合研究所

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017277

International filing date: 19 November 2004 (19.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-402892
Filing date: 02 December 2003 (02.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.